

Ref. 1

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-233024

(43)Date of publication of application : 22.08.2003

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

G02B 27/18

(21)Application number : 2002-035820

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 13.02.2002

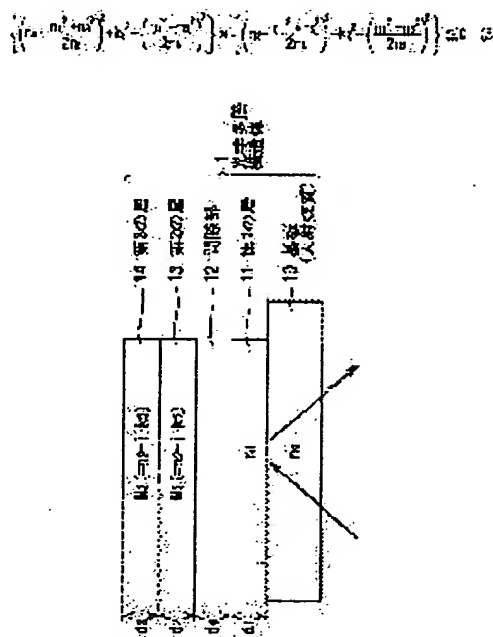
(72)Inventor : ISHIKAWA HIROKAZU

(54) OPTICAL MULTILAYERED STRUCTURE, OPTICAL SWITCHING ELEMENT USING THE SAME, AND PICTURE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical multilayered structure which has less reflection boundary surfaces and has a simple arrangement.

SOLUTION: An optical multilayered structure 1 has an arrangement where a first transparent layer 11 brought into contact with a substrate 10 used as an incidence medium, a gap part 12 which has a size allowing the occurrence of an interference phenomenon of light and can change the size, a second layer 13 being absorbent of light, and a third layer 14 being absorbent of light are arranged on the substrate 10 in order, and the optical multilayered structure modulates incident light from the substrate 10 side. They are set so as to satisfy formula (5) where n_s and n_1 are refractive indexes of the substrate 10 and the first layer 11, respectively, and $N_2 (=n_2-i k_2, n_2$ is the refractive index, k_2 is the attenuation coefficient, and i is the imaginary unit) and $N_3 (=n_3-i k_3, n_3$ is the refractive index, k_3 is the attenuation coefficient, and i is the imaginary unit) are complex indexes of refraction of the second layer and the third layer, respectively.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.11.2004

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical multilayer-structure object characterized by modulating the light which has the structure which arranged the 3rd layer which has the gap section with the magnitude strange good, the 2nd layer, and the absorption of light while having the 1st transparent layer and the magnitude which can start the interference phenomenon of light in one field of the substrate which serves as an incidence medium, and carried out incidence from said substrate side.

[Claim 2] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by arranging said 1st layer, said gap section, said 2nd layer, and said 3rd layer in one field of said substrate in this order.

[Claim 3] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said substrate consisting of a transparent material.

[Claim 4] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said 2nd layer consisting of an ingredient with the absorption of light.

[Claim 5] The optical multilayer-structure object according to claim 1 with which said 3rd layer is characterized by having the thickness of extent which does not penetrate light.

[Claim 6] The complex index of refraction of n_1 and said 2nd layer for the refractive index of n_s and said 1st layer N_2 (for a refractive index and k_2 , an extinction coefficient and i are $[=n_2-i-k_2$ and $n_2]$ an imaginary unit), [the refractive index of said substrate] [Equation 1] which fills the relation of a degree type (1) when complex index of refraction of said 3rd layer is set to N_3 (an extinction coefficient and i are $[=n_3-i-k_3$ and $n_3]$ an imaginary unit for a refractive index and k_3)

$$\left\{ \left(n_3 - \frac{n_1^2 + n_s^2}{2n_s} \right)^2 + k_3^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_2 - \frac{n_1^2 + n_s^2}{2n_s} \right)^2 + k_2^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (1)$$

The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by things.

[Claim 7] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by making the optical property of said 2nd layer equal to the optical property of said 3rd layer, and omitting said 2nd layer.

[Claim 8] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by changing the amount of the reflection of light which carried out incidence by having the driving means to which the optical magnitude of said gap section is changed, and changing the magnitude of said gap section by said driving means, transparency, or absorption.

[Claim 9] The optical multilayer-structure object according to claim 8 characterized by changing binary-wise or continuously the amount of reflection of incident light, transparency, or absorption by said driving means by changing the optical magnitude of said gap section binary-wise or continuously between $\lambda/\lambda/4$ of odd times, and even times 4 (0 being included).

[Claim 10] The optical multilayer-structure object according to claim 1 with which optical thickness of said 1st layer is characterized by being below $\lambda/4$ (λ being the design wavelength of incident light).

[Claim 11] At least one of said 1st layer, said 2nd layer, and said 3rd layers is the optical multilayer-

structure object according to claim 1 characterized by being the compound layer constituted by two or more layers from which an optical property differs mutually.

[Claim 12] Either [at least] said substrate or said 1st layer either [of said 2nd layer and said 3rd layer / at least] is the optical multilayer-structure object according to claim 8 to which it is characterized by being that to which the optical magnitude of said gap section is changed at least at a part including the transparence electric conduction film according to the electrostatic force which generated said driving means by impression of the electrical potential difference to said transparence electric conduction film.

[Claim 13] Said transparence electric conduction film is ITO and SnO₂. And optical multilayer-structure object according to claim 12 characterized by consisting of either of the ZnO(s).

[Claim 14] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said substrate consisting of silicon oxide, glass, or the plastics.

[Claim 15] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said 1st layer consisting of either an oxide or the nitrides.

[Claim 16] The optical multilayer-structure object according to claim 15 characterized by said 1st layer consisting of either among silicon nitride, aluminium nitride, titanium oxide, niobium oxide, and tantalum oxide.

[Claim 17] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said 2nd layer consisting of either among a metal, metal oxide, a nitriding metal, carbide, and a semi-conductor.

[Claim 18] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said 3rd layer consisting of either among a metal, a gold oxide group, a nitriding metal, carbon (C), graphite, carbide, and a semi-conductor.

[Claim 19] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by for said substrate consisting of either among silicon oxide, glass, and plastics, for said 1st layer consisting of titanium oxide, for said 2nd layer consisting of either among a tungsten, germanium, a tantalum, and titanium, and said 3rd layer consisting of carbon.

[Claim 20] The optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by said substrate consisting of either among silicon oxide, glass, and plastics, said 1st layer consisting of titanium oxide, and omitting said 2nd layer and said 3rd layer consisting of silicon (Si).

[Claim 21] Said gap section is an optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by being filled with air, the transparent gas, or the liquid.

[Claim 22] Said gap section is an optical multilayer-structure object according to claim 1 characterized by being a vacua.

[Claim 23] Said driving means is an optical multilayer-structure object according to claim 8 characterized by being that to which the optical magnitude of said gap section is changed using magnetism.

[Claim 24] While having the 1st transparent layer and the magnitude which can start the interference phenomenon of light in one field of the substrate which serves as an incidence medium, the gap section with the magnitude strange good, The optical switching element characterized by having the optical multilayer-structure object which modulates the light which has the structure which arranged the 3rd layer with the 2nd layer and the absorption of light, and carried out incidence from said substrate side, and a driving means for changing the optical magnitude of said gap section.

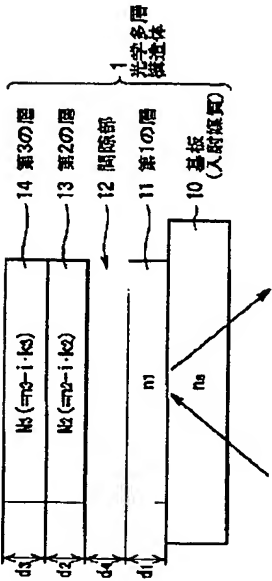
[Claim 25] It is the image display device which displays a two-dimensional image on two or more optical switching elements arranged by-dimensional [1] or two-dimensional by irradiating light. The 1st layer with said optical switching element transparent to one field of the substrate which serves as an incidence medium, The optical multilayer-structure object which modulates the light which has the structure which arranged the 3rd layer with the gap section with the magnitude strange good, the 2nd layer, and the absorption of light while having the magnitude which can start the interference phenomenon of light, and carried out incidence from said substrate side, The image display device characterized by having a driving means for changing the optical magnitude of said gap section.

[Claim 26] The image display device according to claim 25 characterized by having an antireflection film in the field of another side of said substrate.

[Claim 27] The image display device according to claim 25 characterized by having a color filter in the field of another side of said substrate.

[Translation done.]

Drawing selection Representative drawing ☒



[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a sectional view showing a configuration in case the gap section of the optical multilayer-structure object concerning the gestalt of 1 operation of this invention is " $\lambda/4$."

[Drawing 2] It is a sectional view showing a configuration in case the gap section of the optical multilayer-structure object shown in drawing 1 is "0."

[Drawing 3] Drawing 1 is the sectional view shown by the reverse order, expressing with a dotted line the substrate which is an incidence medium about the optical multilayer-structure object shown in drawing 1, and using the 3rd layer as the lowest layer by using the 1st layer into the maximum upper layer.

[Drawing 4] Drawing 2 is the sectional view shown by the reverse order, expressing with a dotted line the substrate which is an incidence medium about the optical multilayer-structure object shown in drawing 2, and using the 3rd layer as the lowest layer by using the 1st layer into the maximum upper layer.

[Drawing 5] On an optical admittance diagram, it is n_1 . The 1st transparent layer with a refractive index is the point of (nS and 0) on a diagram. (optical admittance of a substrate) It is drawing showing the locus along which it passes.

[Drawing 6] It is drawing showing the modification of the optical multilayer-structure object of drawing 1.

[Drawing 7] It sets on the optical multilayer-structure object shown in drawing 1, and they are SiO_2 and the 1st layer about a substrate TiO_2 . It is drawing doubling and showing the optical admittance diagram of the 1st layer at the time of forming, and the optical admittance of the various ingredients of **.

[Drawing 8] It is drawing which expresses [example / of a configuration / which was shown in Table 1] the reflection property of low reflex time about each at the time of changing the thickness of the carbon layer of the 3rd layer 100nm, 300nm, and when thick enough.

[Drawing 9] It is drawing showing the reflection property of the example of a configuration shown in Table 1.

[Drawing 10] It is drawing showing the optical admittance of low reflex time of the example of drawing 9.

[Drawing 11] It is drawing showing the optical admittance of high reflex time of the example of drawing 9.

[Drawing 12] It is drawing showing the reflection property of the example of a configuration shown in Table 2.

[Drawing 13] It is a sectional view for explaining the drive approach by static electricity of an optical multilayer-structure object.

[Drawing 14] It is a sectional view for explaining other drive approaches by static electricity of an optical multilayer-structure object.

[Drawing 15] It is a sectional view for explaining the drive approach of further others by static electricity of an optical multilayer-structure object.

[Drawing 16] It is a sectional view for explaining the drive approach by the MAG of an optical multilayer-structure object.

[Drawing 17] It is drawing showing the configuration of an example of an optical switching device.

[Drawing 18] It is drawing showing the configuration of an example of a display.

[Drawing 19] It is drawing showing other examples of a display.

[Drawing 20] It is the block diagram of a paper-like display.

[Drawing 21] It is drawing showing the example of further others of a display.

[Description of Notations]

1 [-- The gap section, 13 / -- The 2nd layer, 14 / -- The 2nd layer, 100 / -- Optical switching device] --
An optical multilayer-structure object, 10,110 -- A substrate, 11 -- The 1st layer, 12,112

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical switching element and image display device using the optical multilayer-structure object which has the function to make incident light reflect, ~~penetrate or absorb,~~ and this optical multilayer-structure object.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the importance of the display as a display device of image information is increasing, and development of the optical switching element (light valve) which operates at high speed is further demanded as components, such as optical communication, an optical memory unit, and an optical printer, as a component for this display. Conventionally, there are a thing using liquid crystal as this kind of a component, a thing (trademark of DMD; Digital Micro Mirror Device, a digital micro mirror device, and Texas Instruments, Inc.) using a micro mirror, a thing (GLV: Grating Light Valve, a grating light valve, product made from SLM (silicon light machine)) using a diffraction grating, etc.

[0003] GLV is MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) about a diffraction grating. It produced with structure and the high-speed light switching element for 10ns is realized by electrostatic force. DMD switches by similarly moving a mirror with MEMS structure. Although the display of a projector etc. is realizable using these devices, since the working speed is slow, liquid crystal and DMD must consider as two-dimensional array, in order to realize a display as a light valve, and become complicated [structure]. On the other hand, since GLV is a high-speed drive mold, a projection display is realizable by scanning a one dimensional array.

[0004] However, since GLV is diffraction-grating structure, to 1 pixel, six components are made or it has complexity, like there is the need of summarizing the diffracted light which appeared in the 2-way to one by a certain optical system.

[0005] Some which were indicated by the United States patent official report No. 5,589,974 and the United States patent official report No. 5,500,761 are realizable with an easy configuration. This light valve sandwiches the gap section (gap layer) on a substrate (refractive index n_S), and has the structure in which the refractive index prepared the thin film of the translucency of $\sqrt{n_S}$. With this component, a thin film is driven using electrostatic force, and a lightwave signal is penetrated or reflected by changing the distance between a substrate and a thin film, i.e., the magnitude of the gap section. Here, the refractive index of a thin film is the refractive index n_S of a substrate. It receives and is $\sqrt{n_S}$. It has become and it is supposed by filling such relation that light modulation of high contrast can be performed.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, at the component of the above configurations, it is the refractive index n_S of a substrate. If it is not big values, such as "4", there is a problem that it is unrealizable in a light field. That is, although ingredients, such as silicon nitride (Si_3N_4) (refractive index $n=2.0$), are desirable when it considers that it is the structure as a translucency thin film, it is set

to refractive-index $n_s = 4$ of a substrate in that case. In a light field, the alternative of such an ingredient is narrow. On wavelength for a communication link, such as infrared radiation, it is realizable by using germanium (germanium), ($n = 4$), silicon (Si) ($n \approx 4$), etc.

[0007] Then, the same applicant as these people proposed the optical switching element and image display device using the optical multilayer-structure object which has the structure which arranged the gap section with the magnitude strange good, and the 2nd layer on the substrate previously while having the 1st layer with the absorption of light, and the magnitude which can start the interference phenomenon of light, and this (2000 to application-for-patent 219599 specification). The optical multilayer-structure object of this proposal is the thing of a configuration of having arranged the 1st layer, gap section, and 2nd layer with the absorption of light in this order on the substrate. With this optical multilayer-structure object, the complex index of refraction of a substrate Moreover, n_s (for a refractive index and k_s , an extinction coefficient and i are $[= n_s - i k_s$ and $n_s]$ an imaginary unit), When the refractive index of n_2 and an incidence medium is set $[$ the complex index of refraction of the 1st layer $]$ to 1.0 for the refractive index of N_1 (a refractive index and k_1 are an extinction coefficient for $= n_1 - i k_1$ and n_1), and the 2nd layer, it is constituted so that the relation of a degree type (2) may be filled.

[0008]

[Equation 2]

$$\left\{ \left(n_1 - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_1^2 - \left(\frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_s - \frac{n_2^2 + 1}{2} \right)^2 + k_s^2 - \left(\frac{n_2^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} < 0 \quad (2)$$

[0009] According to the optical multilayer-structure object of the above-mentioned proposal, an optical switching element is theoretically realizable with simple structure possible $[$ sufficient high-speed response to constitute a two-dimensional image display device $]$. Furthermore, since reflection and absorption of light can be changed, unnecessary light which poses a problem when realizing an image display device can be processed very easily. Therefore, this optical switching element can be used suitable for the image display device of accepting-reality / reflective mold.

[0010] By the way, the optical multilayer-structure object of the above-mentioned proposal becomes irregular to the light which carries out incidence from the 2nd layer side (a substrate is the opposite side) of an optical multilayer-structure object. Therefore, when it constitutes an optical switching element thru/or an image display device using this optical multilayer-structure object, in order to protect and close the optical multilayer-structure object formed on the substrate, a transparent thing must be used as an addition substrate arranged at the 2nd layer side of an optical multilayer-structure object. In the case of color display, a color filter etc. is formed in this transparent addition substrate. However, since a reflective interface increases by arranging a transparent addition substrate, reflection by those interfaces poses a problem and there is a possibility that the cure of equipping with an antireflection film may be needed.

[0011] This invention was made in view of this trouble, and the purpose has a reflective interface in offering the optical switching element and image display device using an optical multilayer-structure object and this of a few and simple configuration.

[0012] The optical multilayer-structure object by this invention has the structure to which the magnitude arranged the 3rd good layer with the strange gap section, the 2nd layer, and the absorption of light in it while having the 1st transparent layer and the magnitude which can start the interference phenomenon of light in one field of the substrate which serves as an incidence medium, and modulates the light which carried out incidence from the substrate side.

[0013] With the optical multilayer-structure object by this invention, the refractive index of n_s and the 1st layer for the refractive index of a substrate n_1 , The complex index of refraction of the 2nd layer N_2 (for a refractive index and k_2 , an extinction coefficient and i are $[= n_2 - i k_2$ and $n_2]$ an imaginary unit), When complex index of refraction of the 3rd layer is set to N_3 (an extinction coefficient and i are $[= n_3 - i k_3$ and $n_3]$ an imaginary unit for a refractive index and k_3), it is desirable to fill the relation of a degree type (3).

[0014]

[Equation 3]

$$\left\{ \left(n_3 - \frac{n_1^2 + n_s^2}{2n_s} \right)^2 + k_3^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_2 - \frac{n_1^2 + n_s^2}{2n_s} \right)^2 + k_2^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (3)$$

[0015] The optical switching element by this invention to one field of the substrate which serves as an incidence medium The optical multilayer-structure object which modulates the light which has the structure which arranged the 3rd layer with the gap section with the magnitude strange good, the 2nd layer, and the absorption of light while having the 1st transparent layer and the magnitude which can start the interference phenomenon of light, and carried out incidence from the substrate side, It has a driving means for changing the optical magnitude of the gap section.

[0016] The image display device by this invention is what displays a two-dimensional image on two or more optical switching elements arranged by-dimensional [1] or two-dimensional by irradiating light. The 1st layer with an optical switching element transparent to one field of the substrate which serves as an incidence medium, The optical multilayer-structure object which modulates the light which has the structure which arranged the 3rd layer with the gap section with the magnitude strange good, the 2nd layer, and the absorption of light while having the magnitude which can start the interference phenomenon of light, and carried out incidence from the substrate side, It has a driving means for changing the optical magnitude of the gap section.

[0017] With the optical multilayer-structure object by this invention, if incidence of the light is carried out from a substrate side and the optical magnitude of the gap section is changed binary-wise or continuously between " $\lambda/4$ " (λ is the design wavelength of incident light) of odd times, and even times " $\lambda/4$ " (0 is included), it will change binary-wise [the amount of reflection of incident light, transparency or absorption], or continuously.

[0018] In the optical switching element by this invention, switching operation is made to incident light by carrying out incidence of the light from a substrate side, and changing the optical magnitude of the gap section of an optical multilayer-structure object by the driving means.

[0019] In the image display device by this invention, a two-dimensional image is displayed by irradiating light from a substrate side to two or more optical switching elements of this invention arranged by-dimensional [1] or two-dimensional.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing.

[0021] Drawing 1 and drawing 2 express the fundamental configuration of the optical multilayer-structure object 1 concerning the gestalt of 1 operation of this invention. The below-mentioned gap section [in / in drawing 1 / the optical multilayer-structure object 1] 12 exists, and there are not a condition of high reflex time and drawing 2 of the 12 gap section of the optical multilayer-structure object 1, and they show the condition of low reflex time, respectively. In addition, this optical multilayer-structure object 1 is specifically used as an optical switching element, and can constitute an image display device by arranging two or more these optical switching elements to-dimensional [1] or two-dimensional.

[0022] This optical multilayer-structure object 1 to one field of the substrate 10 which serves as an incidence medium Touch the gap section 12 to which that magnitude can be changed while having the 1st transparent layer 11 and the magnitude which can start the interference phenomenon of light which touches this substrate 10, the 1st layer 11 and the 2nd layer 13 formed in the opposite side on both sides of the gap section 12, and the 2nd layer 13. The 3rd layer 14 with the absorption of light arranges and consists of this order.

[0023] A substrate 10 is good also as what serves as the incidence medium of the light which carries out incidence to the 1st layer 11, for example, consists of transparent materials, such as silicon oxide (SiO₂), glass, and plastics.

[0024] The 1st layer 11 is what consists of transparent materials, such as an oxide ingredient or a nitride

ingredient. For example, titanium oxide (TiO_2) ($n_1 = 2.4$), silicon nitride (Si_3N_4) ($n_1 = 2.0$), It is formed of aluminum nitride (AlN) ($n_1 = 2.16$), niobium oxide (Nb_2O_5) ($n_1 = 2.2$), tantalum oxide (Ta_2O_5) ($n_1 = 2.1$), etc.

[0025] The optical thickness n_1 of the 1st layer 11, and d_1 It has become below " $\lambda/4$ " (λ is the design wavelength of incident light). The reason is mentioned later.

[0026] By the below-mentioned driving means, the gap section 12 is set up so that the optical magnitude (spacing of the 1st layer 11 and the 2nd layer 13) may be adjustable. As long as the medium with which the gap section 12 is filled up is transparent, a gas or a liquid is sufficient as it. As a gas, water ($n_D = 1.333$), silicone oil ($n_D = 1.4-1.7$), ethyl alcohol ($n_D = 1.3618$), a glycerol ($n_D = 1.4730$), diiodomethane ($n_D = 1.737$), etc. are mentioned, for example as liquids, such as air (refractive-index $n_D = 1.0$ to a sodium D line (589.3nm)), and nitrogen (N_2) ($n_D = 1.0$). In addition, the gap section 12 can also be made into a vacuum. The gap section 12 is filled up with air with the result of this operation.

[0027] The optical magnitude of the gap section 12 changes binary-wise or continuously between " $\lambda/4$ of odd times", and " $\lambda/4$ of even times (0 is included)." It changes binary-wise [the amount of reflection of incident light transparency, or absorption] by this, or continuously. In addition, since it can complement with the thickness of other layers, or change of some of refractive indexes like the case of the thickness of the 1st layer 11 of the above, and the 2nd layer 13 even if it shifts from $\lambda/4$ of multiples somewhat, also in "being $\lambda/4$ mostly", it shall be contained in " $\lambda/4$ " of expressions.

[0028] In addition, even if " $\lambda/4$ " of the notations in this specification is not " $\lambda/4$ " strictly, the value of these near is sufficient as it. This is because the optical thickness of one layer makes thin the layer of the part and another side which became thick and can complement it from $\lambda/4$, and even when a refractive index shifts from the below-mentioned formula (4) somewhat, it is because it may be able to adjust by thickness. Therefore, also in "being $\lambda/4$ mostly", it shall be contained in " $\lambda/4$ " of expressions in this specification.

[0029] The 2nd layer 13 is good also as what consists of an ingredient with the absorption of light, such as semi-conductors, such as nitriding metals, such as metals, such as tungsten (W), a tantalum (Ta), and titanium (Ti), and titanium nitride (TiN), or germanium (germanium). In addition, the example of an ingredient of the 2nd layer 13 is explained later using drawing 7.

[0030] The 3rd layer 14 is good also as what consists of an ingredient with the absorption of light, such as semi-conductors, such as carbide, such as nitriding metals, such as gold oxide groups, such as chromic oxide (CrO), and titanium nitride (TiN), carbon (C), graphite (graphite), and silicon carbide (SiC), or silicon (Si). In addition, the example of an ingredient of the 3rd layer 14 is explained later using drawing 7.

[0031] As for the 3rd layer 14, it is desirable to have the thickness of extent which does not penetrate light. It is because a possibility that incident light may be absorbed by the 3rd layer 14 in low reflex time, and the stray light etc. may occur is lost.

[0032] Although the 1st layer 11, 2nd layer 13, and 3rd layer 14 are good also as a compound layer which consisted of two or more layers from which an optical property differs mutually, they shall have a property equivalent to the case where the compound optical property in a compound layer is a monolayer in this case.

[0033] Next, with reference to drawing 3, drawing 4, and drawing 5, the conditions which the optical constant of each class described above in order to realize the above optical multilayer-structure objects 1 should fulfill are explained. Although they express the optical multilayer-structure object 1 shown in drawing 1 and drawing 2, in order to give explanation intelligible, drawing 3 and drawing 4 which are used in the following explanation express with a dotted line the substrate 10 which is an incidence medium, use as the lowest layer the 3rd layer 14 which has the maximum upper layer and the absorption of light in the 1st transparent layer 11, and indicate it to be drawing 1 and drawing 2 by the reverse order.

[0034] It is n_S as the result of this operation showed to drawing 3 and drawing 4. The transparent substrate 10 with a refractive index is an incidence medium, and it is n_1 . The 1st transparent layer 11

with a refractive index is the maximum upper layer, and the 2nd layer 13 and the 3rd layer 14 which is the lowest layer are formed with the ingredient with the absorption of light. As for drawing 3, the gap section 12 exists, and there are not a condition of high reflex time and drawing 4 of the 12 gap section, and they show the condition of low reflex time, respectively.

[0035] First, when there is no gap section 12 shown in drawing 4 (i.e., when it is low reflection), if it is made for the synthetic optical admittance which compounded the optical admittance of each ingredient of the 1st layer 11, the 2nd layer 12, and the 3rd layer 14 to turn into optical admittance (nS and equivalence) of a substrate 10, it can set the reflection factor to design wavelength to 0. Here, the optical admittance y has a value the same as complex index of refraction N (for a refractive index and k , an extinction coefficient and i are $[=n-i-k$ and $n]$ an imaginary unit). For example, the admittance of $y(\text{air}) = 1$, $n(\text{air}) = 1$, and glass of the admittance of air is $y(\text{glass}) = 1.52$ and $n(\text{glass}) = 1.52$.

[0036] Namely, $n1$ The 1st transparent layer 11 with a refractive index is the point of (nS and 0) on a diagram. (it is the optical admittance of a substrate 10 and they are a refractive index and equivalence) The locus along which it passes As shown in drawing 5, it is nS on a real axis $Re(Y)$. $n1/2/nS$ It passes and, for Core C, ($n1/2+nS/2)/2nS$ and a radius r are $(n1/2-nS/2)/2nS$. It becomes Radii a . here -- the optical admittance $y3$ (= complex index of refraction $N3$ ($=n3-i-k3$ --)) of the ingredient of the 3rd layer 14 $n3$ A refractive index and $k3$ An extinction coefficient and i have an imaginary unit inside the radii a of drawing 5. Supposing the optical admittance $y2$ (= complex index of refraction $N2$ (an extinction coefficient and i are $[=n2-i-k2$ and $n2]$ an imaginary unit for a refractive index and $k2$)) of the ingredient of the 2nd layer 13 is in the outside of Radii a the synthetic optical admittance $y32$ of the 3rd layer 14 and the 2nd layer 13 -- optical admittance $y3$ of the 3rd layer 14 from -- leaving -- the increment in thickness of the 2nd layer 13 -- a loose curve -- drawing -- optical admittance $y2$ of the 2nd layer 13 It comes back. Optical admittance $y3$ of the 3rd layer 14 Optical admittance $y2$ of the 2nd layer 13 Since it is located in the opposite side on both sides of the radii a of the 1st layer 11, the synthetic optical admittance $y32$ of the 3rd layer 14 and the 2nd layer 13 surely crosses the radii a of the 1st layer 11. In this way, the thickness of the 2nd layer 13 can be decided so that the synthetic optical admittance $y32$ of the 3rd layer 14 and the 2nd layer 13 may serve as a value in an intersection with the radii a of the 1st layer 11. The synthetic optical admittance of the 3rd layer 14, the 2nd layer 13, and the 1st layer 11 moves along with the radii a of the 1st layer 11 from this intersection. Therefore, the synthetic optical admittance of the 1st layer 11, the 2nd layer 12, and the 3rd layer 14 can decide the thickness of the 1st layer 11 to become the optical admittance (nS and equivalence) of a substrate 10.

[0037] Thus, optical admittance $y3$ of the 3rd layer 14 Optical admittance $y2$ of the 2nd layer 13 If it is made to be located in the opposite side on both sides of the radii a depending on the optical property of the 1st layer 11, the combination of thickness from which the reflection factor to design wavelength is set to 0 surely exists. Optical admittance $y3$ of the 3rd layer 14 The inside of Radii a is sufficient and an outside is sufficient.

[0038] The relation of the optical constant of the 3rd layer 14 and the 2nd layer 13 for fulfilling these conditions becomes like a degree type (4). However, the synthetic optical admittance of the 3rd layer 14, the 2nd layer 13, and the 1st layer 11 is nS by arranging an ingredient with another optical constant very thinly. Since it may come back, also when a formula (4) does not need to be filled completely, what is necessary is just in the condition of filling a formula (4) mostly from a certain thing.

[0039]

[Equation 4]

$$\left\{ \left(n_3 - \frac{n_1^2 + n_s^2}{2n_s} \right) + k_3^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_2 - \frac{n_1^2 + n_s^2}{2n_s} \right) + k_2^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (4)$$

[0040] It sets to drawing 5 and is the optical thickness $n1$ of the 1st layer 11, and $d1$. When the radii a of the 1st layer 11 which left (nS and 0) serve as a semicircle exactly ($n1/2/nS$ on a real axis), it becomes " $\lambda/4$ " (λ is the design wavelength of incident light). Since it is in the middle of the semicircle, it is the optical thickness $n1$ of the 1st layer 11, and $d1$ that the synthetic optical admittance $y32$ of the 3rd layer 14 and the 2nd layer 13 crosses the radii a of the 1st layer 11. It will be below

" $\lambda/4$."

[0041] As shown in drawing 3, when there is the gap section 12 on the other hand, the synthetic optical admittance of the 1st layer 11, the gap section 12, the 2nd layer 13, and the 3rd layer 14 is the refractive index n_s of a substrate 10. It does not come back but becomes high reflection.

[0042] That is, with this optical multilayer-structure object 1, when spacing of the gap section 12 between the 1st layer 11 and the 2nd layer 13 is "0", it becomes an antireflection film, and that spacing serves as reflective film mostly optically to design wavelength at the time of $\lambda/4$. That is, the optical switching element which can change a reflection factor like the after-mentioned "0" and more than "70%" is realizable by making spacing adjustable between "0" and " $\lambda/4$." In order to make magnitude of the gap section 12 adjustable, the approach of driving with static electricity at least at a part including transparence electric conduction film, such as ITO (Indium-Tin Oxide) ($n=2.0$), in either [at least] a substrate 10 or the 1st layer 11 either [of the 2nd layer 13 and the 3rd layer 14 / at least] can be considered. The transparence electric conduction film may consist of tin oxide (SnO_2) ($n=2.0$) besides ITO, and a zinc oxide (ZnO) ($n=2.0$).

[0043] By the way, in the above-mentioned formula (4), an equal sign hits, when the optical property of the 2nd layer 13 is equal to the optical property of the 3rd layer 14 (i.e., as shown in drawing 6 when the 2nd layer 13 is omitted in drawing 3). At the optical admittance diagram of drawing 5, it is the optical admittance y_3 of the 3rd layer 14. It corresponds, when it is on the radii a of the 1st layer 11.

[0044] As a combination of the ingredient of such an optical multilayer-structure object, the degree of freedom of the selection is [that what is necessary is just to satisfy the above constraint] large. drawing 7 -- a substrate 10 -- SiO_2 and the 1st layer 11 -- TiO_2 it is -- the optical admittance (complex index of refraction and equivalence) of the various ingredients which can be used as the curve a showing the optical admittance diagram of the 1st layer 11 of a case (equivalent to the radii a of drawing 5), the 2nd layer 13, and the 3rd layer 14 is doubled and shown. If the ingredient inside the curve (semicircle) a of drawing 7 and an outside ingredient are combined, the design which realizes an above-mentioned optical multilayer-structure object will be found. Table 1 expresses the example. In addition, the optical property in Table 1 is Palik. The reference value is used (E. D. Palik, Handbook of Optical Constants of Solids, Academic Press).

[0045]

[Table 1]

	材料	n (550nm)	k (550nm)	膜厚 (nm)
第3の層	C	1.84	0.443	300以上
第2の層	W	3.24	2.49	10.3
間隙部	空気	1	0	0/138
第1の層	TiO_2	2.40	0	50.2
基板	SiO_2	1.46	0	N/A

[0046] Here, it is TiO_2 as a quartz watch (SiO_2) and the 1st layer 11 as a substrate 10. As a layer and the gap section 12, the tungsten layer was used as an air space ($n=1.00$) and the 2nd layer 13, and the carbon layer was used as the 3rd layer 14. Although the 3rd layer 14 which consists of a carbon layer has the thickness of extent which does not penetrate light as mentioned above, it is set to 300nm or more here. The reason is that 300nm of thickness showed the reflection property almost comparable as the case of being thick enough as shown in drawing 8, when the thickness of the carbon layer of the 3rd layer 14 investigates the reflection property of low reflex time about 100nm, 300nm, and each in the case of being thick enough. In addition, in curvilinear 8A, in the case of 100nm of thickness, in drawing 8, curvilinear 8B expresses the case of 300nm of thickness, and the case where curvilinear 8C has thickness thick enough.

[0047] Drawing 9 is such a configuration and expresses the result of having carried out simulation of the

relation between the wavelength (design wavelength of 550nm) of incident light, and a reflection factor. Here, as for curvilinear 9A, "0" (low reflection side) and curvilinear 9B express [the optical thickness of the gap section 12 (air space)] the property in case optical thickness is " $\lambda/4$ " (138nm) (high reflection side), respectively. In low reflex time, high reflex time shows 73% of reflection property 0% on the design wavelength of 550nm so that drawing 9 may show. Moreover, as for drawing 10, it turns out that the synthetic optical admittance diagram of low reflex time is shown, and synthetic optical admittance has resulted in 1.46 (refractive index of a substrate 10). On the other hand, drawing 11 does not show the synthetic optical admittance diagram of high reflex time, and synthetic optical admittance has not resulted in the refractive index of a substrate 10.

[0048] In addition, as an ingredient of the 2nd layer 13, even if it uses germanium, a tantalum, titanium, etc. instead of a tungsten, an equivalent property can be acquired, so that the optical admittance (complex index of refraction and equivalence) of the various ingredients shown in drawing 7 may show. Moreover, glass or plastics is sufficient as a substrate 10.

[0049] Table 2 shows an example of a configuration (refer to drawing 6) of having made it equal to the optical property of the 3rd layer 14 in the above-mentioned formula (4) in the case of the equal sign (i.e., the optical property of the 2nd layer 13), and having omitted the 2nd layer 13.

[0050]

[Table 2]

	材料	n (550nm)	k (550nm)	膜厚 (nm)
第3の層	Si	4.04	0.1	300以上
第2の層	省略	N/A	N/A	N/A
間隙部	空気	1	0	0/138
第1の層	TiO ₂	2.40	0	59.0
基板	SiO ₂	1.46	0	N/A

[0051] Here, it is TiO₂ as a quartz watch (SiO₂) and the 1st layer 11 as a substrate 10. Although it is the same as that of the example of Table 1 to have used the air space (n= 1.00) as a layer and the gap section 12, the 2nd layer 13 is omitted and the silicon (Si) crystal is used as the 3rd layer 14. The optical admittance (complex index of refraction and equivalence) of a silicon crystal is TiO₂ mostly so that drawing 7 may show. It is on the optical admittance curve a of the 1st layer 11 which consists of a layer.

[0052] Drawing 12 is the configuration shown in Table 2, and expresses the result of having carried out simulation of the relation between the wavelength (design wavelength of 550nm) of incident light, and a reflection factor. Here, as for curvilinear 12A, "0" (low reflection side) and curvilinear 12B express [the optical thickness of the gap section 12 (air space)] the property in case optical thickness is " $\lambda/4$ " (138nm) (high reflection side), respectively. In low reflex time, high reflex time shows 76% of reflection property 0.2% on the design wavelength of 550nm so that drawing 12 may show.

[0053] The optical multilayer-structure object 1 of the gestalt of this operation carries out incidence of the light from a substrate 10 side, and is about the optical magnitude of the gap section 12 between $\lambda/\lambda/4$ of odd times, and even times 4 (0 is included) (for example, between " $\lambda/4$ " and "0"). By making it change binary-wise or continuously, the amount of the reflection of light which carried out incidence, transparency, or absorption is changed.

[0054] Thus, with the gestalt of this operation, since the modulation was applied to incident light from the substrate 10 side, substrate 10 the very thing can serve as the transparency protective group plate of the optical multilayer-structure object 1. Therefore, to a substrate 10 side (side in which light carries out incidence), it becomes unnecessary to arrange another transparency protective group plate, and there are few reflective interfaces and they end. When forming an image display device using this optical multilayer-structure object 1, it becomes unnecessary furthermore, to be able to make a color filter etc. directly to the field of another side of a substrate 10, and to prepare the transparency protective group

plate in which the color filter was formed, as another components. Moreover, since light does not carry out incidence of the protection member by the side of the 2nd layer 14 of the optical multilayer-structure object 1, it does not need to be a transparence substrate, an opaque ingredient, for example, a cheap metal plate etc., is sufficient as it, and it may arrange what kind of thing.

[0055] Moreover, also in light fields, such as 550 etc.nm, since the reflection factor of low reflex time can be made to 0 and the reflection factor of high reflex time can almost be made into 70% or more, about 1000 to 1 display of high contrast is realizable, for example. And since the configuration is easy, it is more easily [than the complicated three-dimensional structures, such as diffraction-grating structures, such as GLV, and DMD,] producible. Moreover, although GLV needs six grid-like ribbons for one pixel, since it ends with the gestalt of this operation one, a configuration is able to produce small simply. moreover, the successive range for moving part -- at most -- since it is " $\lambda/2$ ", the high-speed response of level is attained for 10ns. Therefore, when using as a light valve of a display application, it can realize with the easy configuration of a one dimensional array like the after-mentioned.

[0056] Furthermore, since the thing of the narrow-band transparency filter of the structure which sandwiched the gap section by the metal thin film or the reflecting layer, i.e., the Fabry-Perot type, is an essentially different thing, the optical multilayer-structure object 1 of the gestalt of this operation can make bandwidth of the low reflexogenic zone large. Therefore, it is possible to take the comparatively large margin of the thickness management at the time of manufacture, and the degree of freedom of a design increases.

[0057] Moreover, with the gestalt of this operation, if the complex index of refraction of the 2nd layer 13 and the 3rd layer 14 is a value with which are satisfied of some conditions, since it is good, the degree of freedom of selection of an ingredient will become large. Furthermore, since the 3rd layer 14 has the thickness of extent which does not penetrate light, incident light is absorbed by the 3rd layer 14 in low reflex time, and it is lost. [of a fear of the stray light etc. occurring]

[0058] As mentioned above, by using the optical multilayer-structure object 1 of the gestalt of this operation, it is small at high speed and the optical switching element and image display device whose dependability moreover improved can be realized. About these details, it mentions later.

[0059] The [drive approach] Next, the concrete means for changing the magnitude of the gap section 12 in the above-mentioned optical multilayer-structure object 1 is explained.

[0060] Drawing 13 shows the example which drives an optical multilayer-structure object with static electricity. This optical multilayer-structure object supports the 2nd layer 13 and 3rd layer 14 with the base material 15 which consists of silicon nitride (Si_3N_4), and forms Electrodes 16b and 16b in the location which counters the electrodes 16a and 16a of this base material 15 while it forms the electrodes 16a and 16a which become the both sides of the 1st layer 11 on the transparent substrate 10, for example from aluminum, respectively.

[0061] With this optical multilayer-structure object, the optical thickness of the gap section 12 is changed to " $\lambda/4$ " in binary between "0" or between " $\lambda/4$ " and " $\lambda/2$ " with the electrostatic attraction produced in the potential difference by the electrical-potential-difference impression to Electrodes 16a and 16a and Electrodes 16b and 16b. of course, amounts, such as reflection of the light which the magnitude of the gap section 12 was changed continuously and carried out incidence in the range of a certain value by changing continuously the electrical-potential-difference impression to Electrodes 16a and 16a and Electrodes 16b and 16b, transparency, or absorption, -- being continuous (an analog ---like) -- it can be made to change

[0062] It is good also by the approach which, in addition to this, showed the optical multilayer-structure object to drawing 14 and drawing 15 as what is driven with static electricity. the 1st layer 11 top on the substrate 10 with the transparent optical multilayer-structure object 1 shown in drawing 14 -- for example, ITO (Indium-Tin Oxide) from -- while preparing becoming transparence electric conduction film 17a, the 2nd layer 13 and 3rd layer 14 are formed in the structure of cross linkage, and transparence electric conduction film 17b which consists of ITO as well as the external surface of this 2nd layer 13 and the 3rd layer 14 is prepared.

[0063] With this optical multilayer-structure object, the optical thickness of the gap section 12 can be

changed with the electrostatic attraction produced in the potential difference by electrical-potential-difference impression of a between [transparence electric conduction film 17a and 17b].

[0064] With the optical multilayer-structure object shown in drawing 15 , high refractive-index transparence electric conduction film, such as ITO, is arranged as the 1st layer 11 with conductivity instead of transparence electric conduction film 17a of the optical multilayer-structure object of drawing 13 .

[0065] The approach the drive of an optical multilayer-structure object uses micro machines, such as a toggle mechanism besides such static electricity and a piezoelectric device, the approach using magnetism, the approach using a shape memory alloy, etc. are considered variously. Drawing 16 (A) and (B) show the mode driven using magnetism. A coil 41 is formed. while forming the magnetic layer 40 which consists of magnetic materials, such as cobalt (Co) which has an aperture, on the 3rd layer 14 with this optical multilayer-structure object -- the lower part of a substrate 10 -- electromagnetism -- this electromagnetism -- by the change of turning on and off of a coil 41, spacing of the gap section 12 can be changed to " $\lambda/4$ " (drawing 16 (A)) between "0" (drawing 16 (B)), and, thereby, a reflection factor can be changed.

[0066] [Optical switching device] Drawing 17 expresses the configuration of the optical switching device 100 which used the above-mentioned optical multilayer-structure object 1. The optical switching device 100 arranges the optical switching elements 100A-100D of plurality (drawing four pieces) in the shape of a single dimension array for example, on the substrate 110 which consists of glass. In addition, it is good also as a configuration arranged not only to one dimension but to two-dimensional. In this optical switching device 100, the one direction (the component array direction) of one field of a substrate 110 is met, for example, they are ITO film 111A and TiO₂. Film 111B is formed. This ITO film 111A and TiO₂ Film 111B corresponds to the 1st layer 11 in the gestalt of the above-mentioned implementation.

[0067] On the substrate 110, two or more tungsten (W) film 113 is arranged in the direction which intersects perpendicularly to ITO film 111A and silicon nitride film 111B. The carbon (C) film 114 is arranged in the outside of the tungsten film 113. These tungstens film 113 and the carbon film 114 correspond to the 2nd layer 13 and 3rd layer 14 of a gestalt of the above-mentioned implementation, respectively. TiO₂ Between film 111B and the tungsten film 113, the gap section 112 from which the magnitude changes according to switching operation (turning on and off) is formed. The optical thickness of the gap section 112 changes, for example between " $\lambda/4$ " (138nm) and "0" to the wavelength ($\lambda=550\text{nm}$) of incident light.

[0068] Optical switching elements 100A-100D change the optical thickness of the gap section 12 to " $\lambda/4$ " between "0" with the electrostatic attraction produced in the potential difference by the electrical-potential-difference impression to ITO film 111A and the tungsten film 113. By drawing 17 , the gap section 12 shows [the gap section 12] the condition (namely, low reflective condition) of "0", and optical switching elements 100B and 100D show [optical switching elements 100A and 100C] " $\lambda/4$ " of conditions (namely, high reflective condition). In addition, the "driving means" of this invention is constituted by ITO film 111A and the tungsten film 113, and electrical-potential-difference impression equipment (not shown).

[0069] If ITO film 111A is grounded, potential is set to 0V in this optical switching device 100 and the electrical potential difference of +12V is impressed to the tungsten film 113 corresponding to the 2nd layer 13 Electrostatic attraction occurs between ITO film 111A and the tungsten film 113 according to the potential difference, in drawing 17 , the 1st layer and 2nd layer stick like optical switching elements 100A and 100C, and the gap section 112 will be in the condition of "0." In this condition, it is incident light P1. The above-mentioned multilayer-structure object is penetrated and it is further absorbed by the carbon film 114 corresponding to the 3rd layer 14.

[0070] Next, it is TaNX, if the transparence electric conduction film 106 by the side of the 2nd layer is grounded and potential is set to 0V. The electrostatic attraction between the film 102 and the ITO film 106 is lost, in drawing 14 , between the 1st layer and the 2nd layer estranges like optical switching elements 100B and 100D, and the gap section 12 will be in " $\lambda/4$ " of conditions. In this condition,

it is incident light P1. It is reflected and is the reflected light P3. It becomes.

[0071] Thus, with the gestalt of this operation, it sets to optical switching element 100A - 100D of each, and is incident light P1. The condition that there is no reflected light by changing the gap section to binary according to electrostatic force, and the reflected light P3 It can change to binary [in the condition of generating], and can take out. Of course, it is incident light P1 by changing the magnitude of the gap section continuously as mentioned above. A condition without reflection to the reflected light P3 Changing to the condition of generating, continuously is also possible.

[0072] Since the distance to which it must move by these optical switching elements 100A-100D for moving part is " $\lambda/2$ (or $\lambda/4$)" extent of incident light even if it is large, a speed of response is high-speed enough to about 10ns. Therefore, the light valve for a display is realizable with single dimension array structure.

[0073] In addition, if two or more optical switching elements are assigned to 1 pixel with the gestalt of this operation, when performing the gradation display of image display as an image display device, not only the approach by time sharing but the gradation display by area is possible, since it can drive independently, respectively.

[0074] [Image display device] Drawing 18 expresses the configuration of a projection display as an example of an image display device which used the above-mentioned optical switching device 100. Here, it is the reflected light P3 from optical switching elements 100A-100D. The example used for image display is explained.

[0075] This projection display is equipped with the galvanomirror 204 and the projection screen 205 as the optical switching element arrays 201a, 201b, and 201c prepared corresponding to the light sources 200a, 200b, and 200c which consist of laser of (Red R) green (G) (blue B) each color, and each light source, dichroic mirrors 202a, 202b, and 202c, the projection lens 203, and a 1 shaft scanner. In addition, the three primary colors are good also as cyanogen besides red, green, and blue, MAZENDA, and yellow. Switching element arrays 201a, 201b, and 201c arrange plurality and several need pixel minutes, for example, 1000 pieces, for the above-mentioned switching element to one dimension in the perpendicular direction to space, and, thereby, constitute the light valve, respectively.

[0076] In this projection display, incidence of the light which came out of the light sources 200a, 200b, and 200c of RGB each color is carried out to the optical switching element arrays 201a, 201b, and 201c, respectively. In addition, as for this incident angle, it is desirable that near is carried out if possible to 0, and it is made to carry out incidence perpendicularly so that the effect of polarization may not come out. The reflected light P3 from each optical switching element It is condensed by the projection lens 203 with dichroic mirrors 202a, 202b, and 202c. The light condensed with the projection lens 203 is scanned with a galvanomirror 204, and is projected as a two-dimensional image on the projection screen 205.

[0077] Thus, in this projection display, two or more optical switching elements are arranged to one dimension, the light of RGB is irradiated, respectively, and a two-dimensional image can be displayed by scanning the light after switching with 1 shaft scanner.

[0078] Moreover, since a property can be taken out with the gestalt of this operation in the location as for which light carries out incidence perpendicularly to a component while being able to perform about 1,000 to 1 display of high contrast, since the reflection factor of low reflex time can be made and the reflection factor of high reflex time can be made into 70% or more 0.1% or less, in case optical system is constructed, it is not necessary to carry out polarization etc. to consideration, and a configuration is easy.

[0079] Although the gestalt of operation was mentioned above and this invention was explained, this invention is not limited to the gestalt and modification of the above-mentioned implementation, and is variously deformable. For example, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the display of a configuration of scanning a single dimension array-like light valve, using laser as the light source, as shown in drawing 19, it can also consider as the configuration which irradiates the light from the source 207 of the white light at the optical switching device 206 arranged in the shape of-dimensional [2], and displays an image on the projection screen 208.

[0080] Moreover, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the example

which uses a glass substrate as a substrate, it considers as the paper-like display using the substrate 209 which has flexibility with a thickness of less than 2mm (it is flexible), and you may enable it to see an image by accepting reality, as shown in drawing 20.

[0081] Moreover, with the gestalt of the above-mentioned implementation, although the light source of RGB each color was used, it may be made to perform color display using a color filter. In that case, as shown in drawing 21, the optical switching element 100 which used the above-mentioned optical multilayer-structure object for one field 110A of a substrate 110 is arranged, and color filters 120R, 120G, and 120B can be formed in field 110B of another side. Moreover, it is also possible to form an antireflection film 130 in field 110B of another side of this substrate 110.

[0082] Furthermore, although the gestalt of the above-mentioned implementation explained the example which used the optical multilayer-structure object of this invention for the display, it is also possible to apply also to various devices [, such as optical printers other than a display,], such as to use for an optical printer, for example, and for the image to a photosensitive drum to draw, and to carry out ****.

[0083]

[Effect of the Invention] Since the modulation was applied to incident light from the substrate side according to an optical multilayer-structure object and an optical switching element according to claim 24 given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 23 as explained above, the substrate itself can serve as the transparence protective group plate of an optical multilayer-structure object. Therefore, to a substrate side (side in which light carries out incidence), it becomes unnecessary to arrange another transparence protective group plate, and there are few reflective interfaces and they end. When forming an image display device using this optical multilayer-structure object or optical switching element, it becomes unnecessary furthermore, to be able to make a color filter etc. directly to the field of another side of a substrate, and to prepare the transparence protective group plate in which the color filter was formed, as another components. Moreover, since light does not carry out incidence of the protection member by the side of the 2nd [of an optical multilayer-structure object] layer, it does not need to be a transparence substrate, an opaque ingredient, for example, a cheap metal plate etc., is sufficient as it, and it may arrange what kind of thing.

[0084] And since the configuration is easy, it is more easily [than the complicated three-dimensional structures, such as diffraction-grating structures, such as GLV, and DMD,] producible. Moreover, although GLV needs six grid-like ribbons for one pixel, since it ends with the above-mentioned optical multilayer-structure object one, a configuration is able to produce small simply. Moreover, the 1st layer, 2nd layer, and 3rd layer can be used as an antireflection film on a substrate by losing the gap section by considering as the structure which touches in this order.

[0085] Furthermore, since the thing of the narrow-band transparency filter of the structure which sandwiched the gap section by the metal thin film or the reflecting layer, i.e., the Fabry-Perot type, is an essentially different thing, the above-mentioned optical multilayer-structure object can make bandwidth of the low reflexogenic zone large. Therefore, it is possible to take the comparatively large margin of the thickness management at the time of manufacture, and the degree of freedom of a design increases.

[0086] Since the 3rd layer has especially the thickness of extent which does not penetrate light according to the optical multilayer-structure object according to claim 5, incident light is absorbed by the 3rd layer in low reflex time, and a fear of the stray light etc. occurring disappears.

[0087] According to the optical multilayer-structure object according to claim 6, especially the refractive index of a substrate Moreover, n_s , the refractive index of the 1st layer -- the complex index of refraction of n_1 and the 2nd layer -- $N_2 (=n_2-i-k_2 \rightarrow) n_2$ A refractive index and k_2 When an extinction coefficient and i set complex index of refraction of an imaginary unit and the 3rd layer to N_3 (an extinction coefficient and i are $[=n_3-i-k_3 \text{ and } n_3]$ an imaginary unit for a refractive index and k_3), Since it constituted so that these might fulfill specific conditions, the amount of the reflection of light which carried out incidence by changing the magnitude of the gap section, transparency, or absorption can be changed. With an easy configuration Especially, also, for example in light fields, such as 550 etc.nm, the reflection factor of low reflex time can be made to 0, and the reflection factor of high reflex time can almost be made into 70% or more. Therefore, about 1000 to 1 display of high contrast is realizable.

Furthermore, the complex index of refraction N_2 of the 2nd layer and the 3rd layer and N_3 If it is the value with which are satisfied of some conditions, since it is good, the degree of freedom of selection of an ingredient will become large.

[0088] Since the optical property of the 2nd layer is made equal to the optical property of the 3rd layer and the 2nd layer is especially omitted according to the optical multilayer-structure object according to claim 7, structure and a manufacture process can be simplified more.

[0089] in addition -- since it was made to change the optical magnitude of the gap section especially binary-wise between $\lambda/\lambda/4$ of odd times, and even times 4, or continuously according to the optical multilayer-structure object according to claim 9 -- the successive range for moving part -- at most -- it becomes " $\lambda/2$ " and the high-speed response of level is attained for 10ns. Therefore, when using as a light valve of a display application, it can realize with the easy configuration of a one dimensional array.

[0090] Moreover, according to the image display device given in any 1 term of claim 25 thru/or claim 27 Since the optical switching element of this invention is arranged to-dimensional [1] or two-dimensional and it was made to perform image display using the optical switching device of this-dimensional [1] or two-dimensional-array structure Since a property can be taken out with the location as for which light carries out incidence perpendicularly to a component while being able to perform the display of high contrast, when assembling optical system, it is not necessary to carry out polarization etc. to consideration, and a configuration becomes easy.

[Translation done.]

対応なし、英抄

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-233024

(P2003-233024A)

(43) 公開日 平成15年8月22日 (2003.8.22)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

ナット(参考)

G 0 2 B 28/08

G 0 2 B 28/08

A 2 H 0 4 1

27/18

27/18

Z

審査請求 未請求 請求項の数27 OL (全14頁)

(21) 出願番号 特願2002-35820(P2002-35820)

(22) 出願日 平成14年2月13日(2002.2.13)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 石川 博一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100098785

弁理士 藤島 祥一郎

Fターム(参考) 2H041 AA16 AB38 AB40 AC04 AC08

AZ02 AZ08

(54) 【発明の名称】 光学多層構造体、これを用いた光スイッチング素子および画像表示装置

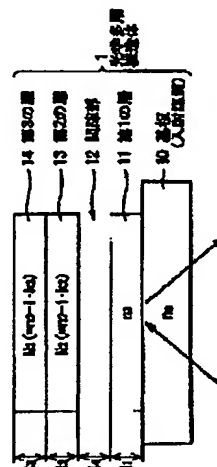
(57) 【要約】

【課題】 反射界面が少なく単純な構成の光学多層構造体を提供する。

【解決手段】 光学多層構造体1は、入射媒質を兼ねる基板10の上に、この基板10に接する、透明な第1の層11、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさを変化させることのできる間隙部12、光の吸収のある第2の層13および光の吸収がある第3の層14をこの順で配設した構成を有し、基板10側からの入射光を変調する。基板10の屈折率を n_0 、第1の層11の屈折率を n_1 、第2の層の複素屈折率を N_2 、($=n_2 - i \cdot k_2$ 、 n_2 は屈折率、 k_2 は消衰係数、 i は虚数単位)、第3の層の複素屈折率を N_3 、($=n_3 - i \cdot k_3$ 、 n_3 は屈折率、 k_3 は消衰係数、 i は虚数単位)としたとき、次式の関係を満たすように設定される。

【数5】

$$\left\{ \left(n_0 - \frac{n_1^2 + n_2^2}{2n_1} \right)^2 + k_2^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_0 - \frac{n_1^2 + n_3^2}{2n_1} \right)^2 + k_3^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_3^2}{2n_1} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (5)$$



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射媒質を兼ねる基板の一方の面に、透明な第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、第2の層および光の吸収のある第3の層を配設した構造を有し、前記基板側から入射した光を変調することを特徴とする光学多層構造体。

【請求項2】 前記基板の一方の面に、前記第1の層、前記間隙部、前記第2の層および前記第3の層が、この順で配設されていることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項3】 前記基板が、透明材料からなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

$$\left\{ \left(n_1 - \frac{n_1^2 + n_2^2}{2n_3} \right)^2 + k_3^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_3} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_2 - \frac{n_2^2 + n_3^2}{2n_1} \right)^2 + k_1^2 - \left(\frac{n_2^2 - n_3^2}{2n_1} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (1)$$

ことを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項7】 前記第2の層の光学的特性を前記第3の層の光学的特性に等しくして前記第2の層を省略していることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項8】 前記間隙部の光学的な大きさを变化させる駆動手段を有し、前記駆動手段によって前記間隙部の大きさを变化させることにより、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項9】 前記駆動手段によって、前記間隙部の光学的な大きさを、 $\lambda/4$ の奇数倍と $\lambda/4$ の偶数倍(0を含む)との間で、2値的あるいは連続的に变化させることで、入射光の反射、透過若しくは吸収の量を2値的あるいは連続的に变化させることを特徴とする請求項8記載の光学多層構造体。

【請求項10】 前記第1の層の光学的厚さが、 $\lambda/4$ (λ は入射光の設計波長)以下であることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項11】 前記第1の層、前記第2の層および前記第3の層のうちの少なくとも一つは、互いに光学的特性の異なる2以上の層により構成された複合層であることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項12】 前記基板および前記第1の層のうちの少なくとも一方と、前記第2の層および前記第3の層のうちの少なくとも一方とが、少なくとも一部に透明導電膜を含み、前記駆動手段は、前記透明導電膜への電圧の印加によって発生した静電力により、前記間隙部の光学的な大きさを变化させるものであることを特徴とする請求項8記載の光学多層構造体。

【請求項13】 前記透明導電膜は、ITO、 SnO_2 および ZnO のうちのいずれかからなることを特徴とする請求項12記載の光学多層構造体。

【請求項14】 前記基板が、酸化ケイ素、ガラスおよびプラスチックのうちのいずれかからなることを特徴と

*【請求項4】 前記第2の層が、光の吸収のある材料からなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項5】 前記第3の層が、光を透過しない程度の厚さを有することを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項6】 前記基板の屈折率を n_s 、前記第1の層の屈折率を n_1 、前記第2の層の複素屈折率を N_2 ($=n_2 - i \cdot k_2$ 、 n_2 は屈折率、 k_2 は消衰係数、 i は虚数単位)、前記第3の層の複素屈折率を N_3 ($=n_3 - i \cdot k_3$ 、 n_3 は屈折率、 k_3 は消衰係数、 i は虚数単位)としたとき、次式(1)の関係を満たす

【数1】

する請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項15】 前記第1の層が、酸化物および窒化物のうちのいずれかからなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項16】 前記第1の層が、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化チタン、酸化ニオブおよび酸化タンタルのうちのいずれかからなることを特徴とする請求項15記載の光学多層構造体。

【請求項17】 前記第2の層が、金属、酸化金属、窒化金属、炭化物および半導体のうちのいずれかからなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項18】 前記第3の層が、金属、酸化金属、窒化金属、カーボン(C)、グラファイト、炭化物および半導体のうちのいずれかからなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項19】 前記基板が、酸化ケイ素、ガラスおよびプラスチックのうちのいずれかからなり、

前記第1の層が、酸化チタンからなり、

前記第2の層が、タングステン、ゲルマニウム、タンタルおよびチタンのうちのいずれかからなり、

前記第3の層が、カーボンからなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項20】 前記基板が、酸化ケイ素、ガラスおよびプラスチックのうちのいずれかからなり、

前記第1の層が、酸化チタンからなり、

前記第2の層が省略されており、

前記第3の層がシリコン(Si)からなることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項21】 前記間隙部は、空気、または透明な気体若しくは液体で満たされていることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項22】 前記間隙部は、真空状態であることを特徴とする請求項1記載の光学多層構造体。

【請求項23】 前記駆動手段は、磁力を用いて前記間隙部の光学的な大きさを变化させるものであることを特

徴とする請求項8記載の光学多層構造体。

【請求項24】 入射媒質を兼ねる基板の一方の面に、透明な第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、第2の層および光の吸収のある第3の層を配設した構造を有し、前記基板側から入射した光を変調する光学多層構造体と、前記間隙部の光学的な大きさを变化させるための駆動手段とを備えたことを特徴とする光スイッチング素子。

【請求項25】 1次元または2次元に配列された複数の光スイッチング素子に光を照射することで2次元画像

を表示する画像表示装置であって、

前記光スイッチング素子が、

入射媒質を兼ねる基板の一方の面に、透明な第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、第2の層および光の吸収のある第3の層を配設した構造を有し、前記基板側から入射した光を変調する光学多層構造体と、前記間隙部の光学的な大きさを变化させるための駆動手段とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項26】 前記基板の他方の面に、反射防止膜を有することを特徴とする請求項25記載の画像表示装置。

【請求項27】 前記基板の他方の面に、カラーフィルターを有することを特徴とする請求項25記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、入射光を反射、透過若しくは吸収させる機能を有する光学多層構造体、この光学多層構造体を用いた光スイッチング素子および画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、映像情報の表示デバイスとしてのディスプレイの重要性が高まっており、このディスプレイ用の素子として、更には、光通信、光記憶装置、光プリンタなどの素子として、高速で動作する光スイッチング素子（ライトバルブ）の開発が要望されている。従来、この種の素子としては、液晶を用いたもの、マイクロミラーを用いたもの（DMD: Digital Micro Mirror Device、デジタルマイクロミラーデバイス、テキサスインスツルメンツ社の登録商標）、回折格子を用いたもの（GLV: Grating Light Valve、グレーティングライトバルブ、SLM（シリコンライトマシン）社製）等がある。

【0003】 GLVは回折格子をMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）構造で作製し、静電力で10nsの高速ライトスイッチング素子を実現している。DMDは同じくMEMS構造でミラーを動かすことによりスイッチングを行うものである。これらのデバイスを用いてプロジェクタ等のディスプレイを実現できるもの

の、液晶とDMDは動作速度が遅いため、ライトバルブとしてディスプレイを実現するためには2次元配列としなければならず、構造が複雑となる。一方、GLVは高速駆動型であるので、1次元アレイを走査することでプロジェクションディスプレイを実現することができる。

【0004】 しかしながら、GLVは回折格子構造であるので、1ピクセルに対して6つの素子を作り込んだり、2方向に出た回折光を何らかの光学系で1つにまとめる必要があるなどの複雑さがある。

【0005】 簡単な構成で実現できるものとしては、米国特許公報5,589,974号や米国特許公報5,500,761号に開示されたものがある。このライトバルブは、基板（屈折率 n_s ）の上に間隙部（ギャップ層）を挟んで、屈折率が $\sqrt{n_s}$ の透光性の薄膜を設けた構造を有している。この素子では、静電力を利用して薄膜を駆動し、基板と薄膜との間の距離、すなわち、間隙部の大きさを变化させることにより、光信号を透過あるいは反射させるものである。ここで、薄膜の屈折率は基板の屈折率 n_s に対して、 $\sqrt{n_s}$ となっており、このような関係を満たすことにより、高コントラストの光変調を行うことができるとされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述のような構成の素子では、基板の屈折率 n_s が「4」などの大きな値でなければ、可視光領域においては実現することはできないという問題がある。すなわち、透光性薄膜としては、構造体であることを考えると、窒化ケイ素（Si₃N₄）（屈折率 $n=2.0$ ）などの材料が望ましいが、その場合には基板の屈折率 $n_s=4$ となる。可視光領域では、このような材料の選択肢は狭い。赤外線等の通信用波長では、ゲルマニウム（Ge）（ $n=4$ ）、シリコン（Si）（ $n=4$ ）などを用いることにより実現可能である。

【0007】 そこで、本出願人と同一出願人は、先に、基板上に、光の吸収のある第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、および第2の層を配設した構造を有する光学多層構造体、これを用いた光スイッチング素子および画像表示装置を提案した（特願2000-219599明細書）。この提案の光学多層構造体は、基板上に、光の吸収のある第1の層、間隙部および第2の層をこの順で配設した構成のものである。また、この光学多層構造体では、基板の複素屈折率を $N_s (=n_s - i \cdot k_s)$ （ n_s は屈折率、 k_s は消衰係数、 i は虚数単位）、第1の層の複素屈折率を $N_1 (=n_1 - i \cdot k_1)$ （ n_1 は屈折率、 k_1 は消衰係数）、第2の層の屈折率を n_2 、入射媒質の屈折率を1.0としたとき、次式（2）の関係を満たすように構成されている。

【0008】

【数2】

$$\left\{ \left(n - \frac{n^2 + 1}{2} \right)^2 + k^2 - \left(\frac{n^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_s - \frac{n_s^2 + 1}{2} \right)^2 + k_s^2 - \left(\frac{n_s^2 - 1}{2} \right)^2 \right\} < 0 \quad (2)$$

【0009】上記提案の光学多層構造体によれば、2次元の画像表示装置を構成するのに十分な高速応答が可能で、かつ原理的に単純な構造で光スイッチング素子を実現することができる。更に、光の反射と吸収とを切り替えることができるので、画像表示装置を実現する上で問題となる不要な光の処理を極めて簡単に行うことができる。したがって、この光スイッチング素子は直視・反射型の画像表示装置に好適に用いることができる。

【0010】ところで、上記提案の光学多層構造体は、光学多層構造体の第2の層の側（基板とは反対側）から入射する光に対して変調を行う。そのため、この光学多層構造体を用いて光スイッチング素子ないし画像表示装置を構成する場合には、基板上に形成された光学多層構造体を保護・封止するために光学多層構造体の第2の層の側に配置される付加基板として、透明なものを用いなければならない。カラー表示の場合には、この透明な付加基板にカラーフィルターなどを形成する。しかしながら、透明な付加基板を配設することによって反射界面が増えるので、それらの界面での反射が問題となり、反射防止膜を装着するなどの対策が必要となる虞がある。 *

$$\left\{ \left(n - \frac{n^2 + n_s^2}{2n_s} \right)^2 + k^2 - \left(\frac{n^2 - n_s^2}{2n_s} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_s - \frac{n_s^2 + n^2}{2n} \right)^2 + k_s^2 - \left(\frac{n_s^2 - n^2}{2n} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (3)$$

【0015】本発明による光スイッチング素子は、入射媒質を兼ねる基板の一方の面に、透明な第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、第2の層および光の吸収のある第3の層を配設した構造を有し、基板側から入射した光を変調する光学多層構造体と、間隙部の光学的な大きさを変化させるための駆動手段とを備えたものである。

【0016】本発明による画像表示装置は、1次元または2次元に配列された複数の光スイッチング素子に光を照射することで2次元画像を表示するものであって、光スイッチング素子が、入射媒質を兼ねる基板の一方の面に、透明な第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、第2の層および光の吸収のある第3の層を配設した構造を有し、基板側から入射した光を変調する光学多層構造体と、間隙部の光学的な大きさを変化させるための駆動手段とを備えたものである。

【0017】本発明による光学多層構造体では、基板側から光を入射させ、間隙部の光学的な大きさを、「 $\lambda/4$ 」（ λ は入射光の設計波長）の奇数倍と「 $\lambda/4$ 」の偶数倍（0を含む）との間で、2値的あるいは連続的に変化させると、入射光の反射、透過若しくは吸収の量が2値的あるいは連続的に変化する。

【0018】本発明による光スイッチング素子では、基板側から光を入射させ、駆動手段によって、光学多層構

*【0011】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、反射界面が少なく単純な構成の光学多層構造体、これを用いた光スイッチング素子および画像表示装置を提供することにある。

【0012】本発明による光学多層構造体は、入射媒質を兼ねる基板の一方の面に、透明な第1の層、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさが可変な間隙部、第2の層および光の吸収のある第3の層を配設した構造を有し、基板側から入射した光を変調するものである。

【0013】本発明による光学多層構造体では、基板の屈折率を n_s 、第1の層の屈折率を n_1 、第2の層の複素屈折率を N_2 （ $=n_2 - i \cdot k_2$ 、 n_2 は屈折率、 k_2 は消衰係数、 i は虚数単位）、第3の層の複素屈折率を N_3 （ $=n_3 - i \cdot k_3$ 、 n_3 は屈折率、 k_3 は消衰係数、 i は虚数単位）としたとき、次式（3）の関係を満たすことが好ましい。

【0014】

【数3】

造体の間隙部の光学的な大きさを変化させることにより、入射光に対してスイッチング動作がなされる。

【0019】本発明による画像表示装置では、1次元あるいは2次元に配列された本発明の複数の光スイッチング素子に対して、基板側から光が照射されることによって、2次元画像が表示される。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0021】図1および図2は、本発明の一実施の形態に係る光学多層構造体1の基本的な構成を表すものである。図1は光学多層構造体1における後述の間隙部12が存在し、高反射時の状態、図2は光学多層構造体1の間隙部12がなく、低反射時の状態をそれぞれ示している。なお、この光学多層構造体1は具体的には例えば光スイッチング素子として用いられ、この光スイッチング素子を複数個1次元または2次元に配列することにより、画像表示装置を構成することができる。

【0022】この光学多層構造体1は、入射媒質を兼ねる基板10の一方の面に、この基板10に接する、透明な第1の層11、光の干渉現象を起こし得る大きさを有すると共にその大きさを変化させることのできる間隙部12、第1の層11と間隙部12を挟んで反対側に形成された第2の層13、および第2の層13に接する、光の吸収のある第3の層14をこの順で配設して構成した

ものである。

【0023】基板10は、第1の層11に入射する光の入射媒質を兼ねており、例えば酸化ケイ素(SiO₂)、ガラス、プラスチックなどの透明材料からなるものとしてもよい。

【0024】第1の層11は、酸化物材料または窒化物材料などの透明材料からなるものであり、例えば、酸化チタン(TiO₂) (n₁=2.4)、窒化ケイ素(Si₃N₄) (n₁=2.0)、窒化アルミニウム(AlN) (n₁=2.18)、酸化ニオブ(Nb₂O₅) (n₁=2.2)、酸化タンタル(Ta₂O₅) (n₁=2.1)などにより形成されている。

【0025】第1の層11の光学的な膜厚n₁・dは、「λ/4」(λは入射光の設計波長)以下となっている。その理由は後述する。

【0026】間隙部12は、後述の駆動手段によって、その光学的な大きさ(第1の層11と第2の層13との間隙)が可変であるように設定されている。間隙部12を埋める媒体は、透明であれば気体でも液体でもよい。気体としては、例えば、空気(ナトリウムD線(589.3nm)に対する屈折率n₀=1.0)、窒素(N₂) (n₀=1.0)など、液体としては、水(n₀=1.333)、シリコンオイル(n₀=1.4~1.7)、エチルアルコール(n₀=1.3618)、グリセリン(n₀=1.4730)、ジョードメタン(n₀=1.737)などが挙げられる。なお、間隙部12を真空状態とすることもできる。本実施の形態では、間隙部12を空気で充填している。

【0027】間隙部12の光学的な大きさは、「λ/4の奇数倍」と「λ/4の偶数倍(0を含む)」との間で、2値的あるいは連続的に変化するものである。これにより入射光の反射、透過若しくは吸収の量が2値的あるいは連続的に変化する。なお、上記第1の層11および第2の層13の膜厚の場合と同様に、λ/4の倍数から多少ずれても、他の層の膜厚あるいは屈折率の多少の変化で補完できるので、「λ/4」の表現には、「ほぼλ/4」の場合も含まれるものとする。

【0028】なお、本明細書中の表記での「λ/4」は厳密に「λ/4」でなくとも、これらの近傍の値でもよい。これは、例えば、一方の層の光学膜厚がλ/4より厚くなった分、他方の層を薄くするなどして補完できるからであり、また、後述の式(4)から屈折率が多少離れた場合でも、膜厚で調整可能な場合もあるからである。よって、本明細書においては、「λ/4」の表現には「ほぼλ/4」の場合も含まれるものとする。

【0029】第2の層13は、タングステン(W)、タンタル(Ta)、チタン(Ti)などの金属、窒化チタン(TiN)などの窒化金属、またはゲルマニウム(Ge)などの半導体などの光の吸収のある材料からなるものとしてもよい。なお、第2の層13の材料例について

は、後で図7を用いて説明する。

【0030】第3の層14は、酸化クロム(CrO)などの酸化金属、窒化チタン(TiN)などの窒化金属、カーボン(C)、グラファイト(黒鉛)、シリコンカーバイド(SiC)などの炭化物またはシリコン(Si)などの半導体などの、光の吸収のある材料からなるものとしてもよい。なお、第3の層14の材料例については、後で図7を用いて説明する。

【0031】第3の層14は、光を透過しない程度の膜厚を有することが好ましい。低反射時において入射光が第3の層14によって吸収され、透光などが発生する虞がなくなるからである。

【0032】第1の層11、第2の層13および第3の層14は、互いに光学的特性の異なる2以上の層で構成された複合層としてもよいが、この場合には複合層における合成した光学的特性が単層の場合と同等な特性を有するものとする必要がある。

【0033】次に、図3および図4、ならびに図5を参照して、上記のような光学多層構造体1を実現するために上記した各層の光学定数が満たすべき条件について説明する。以下の説明において用いる図3および図4は、図1および図2に示した光学多層構造体1を表しているが、説明をわかりやすくするために、入射媒質である基板10を点線で表し、透明な第1の層11を最上層、光の吸収のある第3の層14を最下層として、図1および図2とは逆の順序で示している。

【0034】本実施の形態では、図3および図4に示したように、n₂の屈折率を持つ透明な基板10が入射媒質であり、n₁の屈折率を持つ透明な第1の層11が最上層であり、第2の層13と最下層である第3の層14とが光の吸収のある材料により形成されている。図3は間隙部12が存在し、高反射時の状態、図4は間隙部12がなく、低反射時の状態をそれぞれ示している。

【0035】まず、図4に示した間隙部12がない場合、すなわち低反射の場合には、第1の層11、第2の層12および第3の層14のそれぞれの材料の光学アドミッタンスを合成した合成光学アドミッタンスが、基板10の光学アドミッタンス(n₀と等値)となるようにすれば、設計波長に対する反射率を0とすることができ、ここで、光学アドミッタンスyは、複素屈折率N(=n-i・k、nは屈折率、kは消衰係数、iは虚数単位)と値が同じである。例えば、空気のアドミッタンスはy(air)=1、n(air)=1、ガラスのアドミッタンスはy(glass)=1.52、n(glass)=1.52である。

【0036】すなわち、n₁の屈折率を持つ透明な第1の層11が、ダイアグラム上の(n₁, 0)の点(基板10の光学アドミッタンスであり、屈折率と等値)を通る軌跡は、図5に示したように、実軸Re(Y)上でn₁とn₁²/n₃とを通り、中心Cが(n₁²+

10

20

30

40

50

n_1^2)/ $2n_1$ 、半径 r が $(n_1^2 - n_2^2)/2n_1$ の円弧 a となる。ここで、第3の層14の材料の光学アドミッタンス y_3 (=複素屈折率 N_3 、 $(=n_3 - i \cdot k_3)$ 、 n_3 は屈折率、 k_3 は消衰係数、 i は虚数単位)が図5の円弧 a の内側にあり、円弧 a の外側に、第2の層13の材料の光学アドミッタンス y_2 (=複素屈折率 N_2 、 $(=n_2 - i \cdot k_2)$ 、 n_2 は屈折率、 k_2 は消衰係数、 i は虚数単位)があるとすると、第3の層14と第2の層13との合成光学アドミッタンス y_{12} は、第3の層14の光学アドミッタンス y_3 から出発して、第2の層13の膜厚増加とともに緩やかなカーブを描き、第2の層13の光学アドミッタンス y_2 に帰着する。第3の層14の光学アドミッタンス y_3 と第2の層13の光学アドミッタンス y_2 とは、第1の層11の円弧 a を挟んで反対側に位置しているため、第3の層14と第2の層13との合成光学アドミッタンス y_{12} は、第1の層11の円弧 a を必ず横切る。こうして、第3の層14と第2の層13との合成光学アドミッタンス y_{12} が第1の層11の円弧 a との交点における値となるように、第2の層13の膜厚を決めることができる。第3の層14、第2の層13および第1の層11の合成光学アドミッタンスは、この交点から第1の層11の円弧 a に*

$$\left\{ \left(n_1 - \frac{n_1^2 + n_2^2}{2n_2} \right)^2 + k_2^2 - \left(\frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_2} \right)^2 \right\} \times \left\{ \left(n_2 - \frac{n_2^2 + n_3^2}{2n_3} \right)^2 + k_3^2 - \left(\frac{n_2^2 - n_3^2}{2n_3} \right)^2 \right\} \leq 0 \quad (4)$$

【0040】図5において、第1の層11の光学的な膜厚 $n_1 \cdot d_1$ は、 $(n_1, 0)$ から出発した第1の層11の円弧 a がちょうど半円となる(実軸上の n_1^2/n_1)ときに、「 $\lambda/4$ 」(λ は入射光の設計波長)となる。第3の層14と第2の層13との合成光学アドミッタンス y_{12} が第1の層11の円弧 a を横切るのはその半円の途中であるから、第1の層11の光学的な膜厚 $n_1 \cdot d_1$ は、「 $\lambda/4$ 」以下であることになる。

【0041】一方、図3に示したように、間隙部12がある場合には、第1の層11、間隙部12、第2の層13および第3の層14の合成光学アドミッタンスが、基板10の屈折率 n_0 に帰着せず、高反射となる。

【0042】すなわち、この光学多層構造体1では、第1の層11と第2の層13との間の間隙部12の間隔が「0」のときには反射防止膜となり、その間隔が設計波長に対し光学的にはば $\lambda/4$ の時には反射膜となる。つまり、間隔を「0」と「 $\lambda/4$ 」との間で可変とすることで、後述のように反射率を「0」と「70%」以上とに変えられる光スイッチング素子を実現することができる。間隙部12の大きさを可変とするためには、基板10および第1の層11のうちの少なくとも一方と、第2の層13および第3の層14のうちの少なくとも一方とに、少なくとも一部にITO (Indium-Tin Oxide) ($n=2.0$)などの透明導電膜を含め、静電気により駆動するなどの方法が考えられる。透明導電膜は、ITOの

*沿って移動する。したがって、第1の層11、第2の層12および第3の層14の合成光学アドミッタンスが、基板10の光学アドミッタンス(n_0 と等値)となるように第1の層11の膜厚を決めることができる。

【0037】このように、第3の層14の光学アドミッタンス y_3 と第2の層13の光学アドミッタンス y_2 とが、第1の層11の光学的特性に依存する円弧 a を挟んで反対側に位置するようにすれば、設計波長に対する反射率が0となるような膜厚の組合せが必ず存在する。第3の層14の光学アドミッタンス y_3 が円弧 a の内側でもよいし外側でもよい。

【0038】かかる条件を満たすための、第3の層14および第2の層13の光学定数の関係は、次式(4)のようになる。但し、別の光学定数を持った材料をごく薄く配することで第3の層14、第2の層13および第1の層11の合成光学アドミッタンスが n_0 に帰着することもあるので、式(4)を完全に満たさなくても良い場合もあることから、式(4)をほぼ満たす状態であればよい。

【0039】

【数4】

ほか、酸化スズ(SnO_2) ($n=2.0$)、酸化亜鉛(ZnO) ($n=2.0$)からなるものでもよい。

【0043】ところで、上記式(4)において、等号は、第2の層13の光学的特性が第3の層14の光学的特性に等しい場合、すなわち、図6に示したように、図3において第2の層13が省略されている場合に当たる。図5の光学アドミッタンスダイアグラムでは、第3の層14の光学アドミッタンス y_3 が第1の層11の円弧 a 上にある場合に相当する。

【0044】このような光学多層構造体の材料の組み合わせとしては、上記のような制約を満足すればよく、その選定の自由度は広い。図7は、基板10が SiO_2 、第1の層11が TiO_2 である場合の第1の層11の光学アドミッタンスダイアグラムを表す曲線 a (図5の円弧 a に相当)と、第2の層13および第3の層14として用いる各種材料の光学アドミッタンス(複素屈折率と等値)とを合わせて示したものである。図7の曲線(半円) a の内側の材料と外側の材料とを組み合わせれば上述の光学多層構造体を実現する設計が見つかる。表1はその一例を表すものである。なお、表1における光学特性は、Palikの文献値を用いている(E.D. Palik, Handbook of Optical Constants of Solids, Academic Press)。

【0045】

【表1】

11

12

	材料	n (550nm)	k (550nm)	膜厚 (nm)
第3の層	C	1.84	0.443	300以上
第2の層	W	3.24	2.49	10.3
間隙部	空気	1	0	0/138
第1の層	TiO ₂	2.40	0	50.2
基板	SiO ₂	1.46	0	N/A

【0046】ここでは、基板10としてクォーツ(SiO₂)、第1の層11としてTiO₂層、間隙部12として空気層(n=1.00)、第2の層13としてタングステン層、第3の層14としてカーボン層を用いた。カーボン層からなる第3の層14は、上述したように光を透過しない程度の膜厚を有するが、ここでは300nm以上としている。その理由は、第3の層14のカーボン層の膜厚が100nm、300nmおよび十分に厚い場合のそれぞれについて低反射時の反射特性を調べたところ、図8に示したように、膜厚300nmでは十分に厚い場合とほぼ同程度の反射特性を示したからである。なお、図8において、曲線8Aは膜厚100nmの場合、曲線8Bは膜厚300nmの場合、そして曲線8Cは膜厚が十分に厚い場合を表している。

【0047】図9は、このような構成で、入射光の波長(設計波長550nm)と反射率との関係をシミュレーションした結果を表すものである。ここで、曲線9Aは間隙部12(空気層)の光学膜厚が「0」(低反射側)、曲線9Bは光学膜厚が「λ/4」(138nm)(高反射側)の場合の特性をそれぞれ表している。図9*

*から分かるように、設計波長550nmで、低反射時は0%、高反射時は73%の反射特性を示している。また、図10は、低反射時の合成光学アドミッタンスダイアグラムを示すもので、合成光学アドミッタンスが1.46(基板10の屈折率)に帰着していることが分かる。これに対して、図11は、高反射時の合成光学アドミッタンスダイアグラムを示すもので、合成光学アドミッタンスは基板10の屈折率に帰着していない。

【0048】なお、図7に示した各種材料の光学アドミッタンス(複素屈折率と等値)から分かるように、第2の層13の材料としては、タングステンの代わりにゲルマニウム、タンタル、チタンなどを用いても同等の特性を得ることができる。また、基板10はガラスまたはプラスチックでもよい。

【0049】表2は、上記式(4)において等号の場合、すなわち、第2の層13の光学的特性を第3の層14の光学的特性に等しくして第2の層13を省略した構成(図8参照)の一例を示したものである。

【0050】

【表2】

	材料	n (550nm)	k (550nm)	膜厚 (nm)
第3の層	Si	4.04	0.1	300以上
第2の層	省略	N/A	N/A	N/A
間隙部	空気	1	0	0/138
第1の層	TiO ₂	2.40	0	59.0
基板	SiO ₂	1.46	0	N/A

【0051】ここでは、基板10としてクォーツ(SiO₂)、第1の層11としてTiO₂層、間隙部12として空気層(n=1.00)を用いたことは表1の例と同様であるが、第2の層13を省略し、第3の層14としてシリコン(Si)結晶を用いている。図7から分かるように、シリコン結晶の光学アドミッタンス(複素屈折率と等値)は、ほぼ、TiO₂層からなる第1の層11の光学アドミッタンス曲線a上にある。

【0052】図12は、表2に示した構成で、入射光の波長(設計波長550nm)と反射率との関係をシミュレーションした結果を表すものである。ここで、曲線12Aは間隙部12(空気層)の光学膜厚が「0」(低反射側)、曲線12Bは光学膜厚が「λ/4」(138nm)(高反射側)の場合の特性をそれぞれ表している。

図12から分かるように、設計波長550nmで、低反射時は0.2%、高反射時は76%の反射特性を示している。

【0053】本実施の形態の光学多層構造体1は、基板10側から光を入射させ、間隙部12の光学的な大きさを、λ/4の奇数倍とλ/4の偶数倍(0を含む)との間(例えば、「λ/4」と「0」との間)で、2値的あるいは連続的に変化させることによって、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させるものである。

【0054】このように本実施の形態では、基板10側からの入射光に変調をかけるようにしたので、基板10自体が光学多層構造体1の透明保護基板を兼ねることができるようになる。したがって、基板10側(光が入射する側)に別の透明保護基板を配置する必要がなくな

り、反射界面が少なく済む。さらに、この光学多層構造体1を用いて画像表示装置を形成する場合には、基板10の他方の面にカラーフィルターなどを直接作り込むことができ、カラーフィルターを形成した透明保護基板を別部品として用意する必要がなくなる。また、光学多層構造体1の第2の層14側の保護部材は、光が入射しないので透明基板である必要はなく、不透明な材料、例えば安価な金属板などでもよく、どのようなものを配置してもよい。

【0055】また、例えば550nmなどの可視光領域においても、低反射時の反射率を殆ど0、高反射時の反射率を70%以上とすることができるので、1000対1程度の高コントラストのディスプレイを実現可能である。しかも、構成が簡単であるので、GLVなどの回折格子構造やDMDなどの複雑な3次元構造よりも容易に作製することができる。また、GLVは1つのピクセルに6本の格子状のリボンが必要であるが、本実施の形態では1本で済むので、構成が簡単であり、かつ小さく作製することが可能である。また、可動部分の移動範囲も高々「 $\lambda/2$ 」であるため、10nsレベルの高速応答が可能になる。よって、ディスプレイ用途のライトバルブとして用いる場合には、後述のように1次元アレイの簡単な構成で実現することができる。

【0056】更に、本実施の形態の光学多層構造体1は、間隙部を金属薄膜や反射層で挟んだ構造の狭帯域透過フィルタ、すなわちファブリーペロータイプのものとは本質的に異なるものであるため、低反射帯の帯域幅を広くすることができる。よって、製作時の膜厚管理のマージンを比較的広くとることが可能であり、設計の自由度が増す。

【0057】また、本実施の形態では、第2の層13および第3の層14の複素屈折率はある条件を満足する値であれば良いため、材料の選択の自由度が広がる。さらに、第3の層14は光を透過しない程度の厚さを有するので、低反射時において入射光は第3の層14に吸収され、透光などが発生する心配はなくなる。

【0058】以上のように、本実施の形態の光学多層構造体1を用いることにより、高速で小型であり、しかも信頼性の向上した光スイッチング素子および画像表示装置を実現することができる。これらの詳細については後述する。

【0059】〔駆動方法〕次に、上記光学多層構造体1における間隙部12の大きさを変化させるための具体的な手段について説明する。

【0060】図13は、静電気により光学多層構造体を駆動する例を示している。この光学多層構造体は、透明な基板10の上の第1の層11の両側にそれぞれ例えばアルミニウムからなる電極16a、16aを設けると共に、第2の層13および第3の層14を例えば窒化シリコン(Si₃N₄)からなる支持体15により支持し、

この支持体15の電極16a、16aに対向する位置に電極16b、16bを形成したものである。

【0061】この光学多層構造体では、電極16a、16aおよび電極16b、16bへの電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部12の光学膜厚を、例えば「 $\lambda/4$ 」と、「0」との間、あるいは「 $\lambda/4$ 」と「 $\lambda/2$ 」との間で2値的に切り替える。勿論、電極16a、16a、電極16b、16bへの電圧印加を連続的に変化させることにより、間隙部12の大きさをある値の範囲で連続的に変化させ、入射した光の反射、若しくは透過あるいは吸収等の量を連続的(アナログ的)に変化させるようにすることもできる。

【0062】光学多層構造体を静電気で駆動するものとしては、その他、図14および図15に示した方法によってもよい。図14に示した光学多層構造体1は、透明な基板10の上の第1の層11上に例えばITO(Indium-Tin Oxide)からなる透明導電膜17aを設けると共に、第2の層13および第3の層14を架橋構造に形成し、この第2の層13および第3の層14の外面に同じくITOからなる透明導電膜17bを設けたものである。

【0063】この光学多層構造体では、透明導電膜17a、17b間への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部12の光学膜厚を切り替えることができる。

【0064】図15に示した光学多層構造体では、図13の光学多層構造体の透明導電膜17aの代わりに、導電性のある第1の層11として例えばITOなどの高屈折率透明導電膜を配したものである。

【0065】光学多層構造体の駆動は、このような静電気の他、トグル機構や圧電素子などのマイクロマシンを用いる方法、磁力を用いる方法や、形状記憶合金を用いる方法など、種々考えられる。図16(A)、(B)は磁力を用いて駆動する態様を示したものである。この光学多層構造体では、第3の層14の上に開孔部を有するコバルト(Co)などの磁性材料からなる磁性層40を設けると共に基板10の下部に電磁コイル41を設けたものであり、この電磁コイル41のオン・オフの切り替えにより、間隙部12の間隔を例えば「 $\lambda/4$ 」(図16(A))と「0」(図16(B))との間で切り替え、これにより反射率を変化させることができる。

【0066】〔光スイッチング装置〕図17は、上記光学多層構造体1を用いた光スイッチング装置100の構成を表すものである。光スイッチング装置100は、例えばガラスからなる基板110上に複数(図では4個)の光スイッチング素子100A~100Dを一次元アレイ状に配設したものである。なお、1次元に限らず、2次元に配列した構成としてもよい。この光スイッチング装置100では、基板110の一方の面の一方向(素子配列方向)に沿って例えばITO膜111AとTiO₂

膜111Bとが形成されている。このITO膜111AとTiO₂膜111Bとが、上記実施の形態における第1の層11に対応する。

【0067】基板110上には、ITO膜111Aおよび窒化ケイ素膜111Bに対して直交する方向に、複数本のタングステン(W)膜113が配設されている。タングステン膜113の外側には、カーボン(C)膜114が配設されている。これらタングステン膜113およびカーボン膜114が上記実施の形態の第2の層13および第3の層14にそれぞれ対応する。TiO₂膜111Bとタングステン膜113との間には、スイッチング動作(オン・オフ)に応じてその大きさが変化する間隙部112が設けられている。間隙部112の光学膜厚は、入射光の波長($\lambda=550\text{nm}$)に対しては、例えば「 $\lambda/4$ 」(138nm)と「0」との間で変化するようにになっている。

【0068】光スイッチング素子100A~100Dは、例えばITO膜111Aおよびタングステン膜113への電圧印加による電位差で生じた静電引力によって、間隙部12の光学膜厚を、例えば「 $\lambda/4$ 」と「0」との間で切り替える。図17では、光スイッチング素子100A、100Cが間隙部12が「0」の状態(すなわち、低反射状態)、光スイッチング素子100B、100Dが間隙部12が「 $\lambda/4$ 」の状態(すなわち、高反射状態)を示している。なお、ITO膜111Aおよびタングステン膜113と、電圧印加装置(図示せず)とにより、本発明の「駆動手段」が構成されている。

【0069】この光スイッチング装置100では、ITO膜111Aを接地して電位を0Vとし、第2の層13に対応するタングステン膜113に例えば+12Vの電圧を印加すると、その電位差によりITO膜111Aとタングステン膜113との間に静電引力が発生し、図17では光スイッチング素子100A、100Cのように第1の層と第2の層とが密着し、間隙部112が「0」の状態となる。この状態では、入射光P₁は上記多層構造体を透過し、更に第3の層14に対応するカーボン膜114に吸収される。

【0070】次に、第2の層側の透明導電膜106を接地させ電位を0Vにすると、Ta₂N₅膜102とITO膜106との間の静電引力がなくなり、図14では光スイッチング素子100B、100Dのように第1の層と第2の層との間が離間して、間隙部12が「 $\lambda/4$ 」の状態となる。この状態では、入射光P₁は反射され、反射光P₂となる。

【0071】このようにして、本実施の形態では、光スイッチング素子100A~100D各々において、入射光P₁を静電力により間隙部を2値に切り替えることによって、反射光がない状態と反射光P₂が発生する状態の2値に切り替えて取り出すことができる。勿論、前述

のように間隙部の大きさを連続的に変化させることにより、入射光P₁を反射がない状態から反射光P₂が発生する状態に連続的に切り替えることも可能である。

【0072】これら光スイッチング素子100A~100Dでは、可動部分の動かなくてはならない距離が、大きくても入射光の「 $\lambda/2$ (あるいは $\lambda/4$)」程度であるため、応答速度が10ns程度に十分高速である。よって、一次元アレイ構造で表示用のライトバルブを実現することができる。

【0073】加えて、本実施の形態では、1ピクセルに複数の光スイッチング素子を割り当てれば、それぞれ独立に駆動可能であるため、画像表示装置として画像表示の階調表示を行う場合に、時分割による方法だけではなく、面積による階調表示も可能である。

【0074】〔画像表示装置〕図18は、上記光スイッチング装置100を用いた画像表示装置の一例として、プロジェクションディスプレイの構成を表すものである。ここでは、光スイッチング素子100A~100Dからの反射光P₂を画像表示に使用する例について説明する。

【0075】このプロジェクションディスプレイは、赤(R)、緑(G)、青(B)各色のレーザからなる光源200a、200b、200cと、各光源に対応して設けられた光スイッチング素子アレイ201a、201b、201c、ダイクロイックミラー202a、202b、202c、プロジェクションレンズ203、1軸スキャナとしてのガルバノミラー204および投射スクリーン205を備えている。なお、3原色は、赤、緑、青の他、シアン、マゼンダ、イエローとしてもよい。スイッチング素子アレイ201a、201b、201cはそれぞれ、上記スイッチング素子を紙面に対して垂直な方向に複数、必要画素数分、例えば1000個を1次元に配列したものであり、これによりライトバルブを構成している。

【0076】このプロジェクションディスプレイでは、RGB各色の光源200a、200b、200cから出た光は、それぞれ光スイッチング素子アレイ201a、201b、201cに入射される。なお、この入射角は偏光の影響がでないように、なるべく0に近くし、垂直に入射させるようにすることが好ましい。各光スイッチング素子からの反射光P₂は、ダイクロイックミラー202a、202b、202cによりプロジェクションレンズ203に集光される。プロジェクションレンズ203で集光された光は、ガルバノミラー204によりスキャンされ、投射スクリーン205上に2次元の画像として投影される。

【0077】このように、このプロジェクションディスプレイでは、複数の光スイッチング素子を1次元に配列し、RGBの光をそれぞれ照射し、スイッチング後の光を1軸スキャナにより走査することによって、2次元

画像を表示することができる。

【0078】また、本実施の形態では、低反射時の反射率を0.1%以下、高反射時の反射率を70%以上とすることができるので、1,000対1程度の高コントラストの表示を行うことができると共に、素子に対して光が垂直に入射する位置で特性を出すことができるので、光学系を組む際に、偏光等を考慮する必要がなく、構成が簡単である。

【0079】以上実施の形態を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施の形態および変形例に限定されるものではなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、光源としてレーザを用いて一次元アレイ状のライトバルブを走査する構成のディスプレイについて説明したが、図19に示したように、二次元状に配列された光スイッチング装置206に白色光源207からの光を照射して投射スクリーン208に画像の表示を行う構成とすることもできる。

【0080】また、上記実施の形態では、基板としてガラス基板を用いる例について説明したが、図20に示したように、例えば厚さ2mm以内の柔軟性を有する(フレキシブルな)基板209を用いたペーパー状のディスプレイとし、直視により画像を見ることができるようにしてもよい。

【0081】また、上記実施の形態では、RGB各色の光源を用いるようにしたが、カラーフィルターを用いてカラー表示を行うようにしてもよい。その場合には、図21に示したように、基板110の一方の面110Aに上記光学多層構造体を用いた光スイッチング素子100を配設し、他方の面110Bにカラーフィルター120R、120G、120Bを形成するようにすることができ、また、この基板110の他方の面110Bに、反射防止膜130を設けることも可能である。

【0082】更に、上記実施の形態では、本発明の光学多層構造体をディスプレイに用いた例について説明したが、例えば光プリンタに用いて感光性ドラムへの画像の描きこみをする等、ディスプレイ以外の光プリンタなどの各種デバイスにも適用することも可能である。

【0083】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし請求項23のいずれか1項に記載の光学多層構造体および請求項24記載の光スイッチング素子によれば、基板側からの入射光に変調をかけるようにしたので、基板自体が光学多層構造体の透明保護基板を兼ねることができるようになる。したがって、基板側(光が入射する側)に別の透明保護基板を配置する必要がなくなり、反射界面が少なくて済む。さらに、この光学多層構造体または光スイッチング素子を用いて画像表示装置を形成する場合には、基板の他方の面にカラーフィルターなどを直接作り込むことができ、カラーフィルターを形成した透明保護基板を別部品として用意する必要がなくなる。また、

光学多層構造体の第2の層側の保護部材は、光が入射しないので透明基板である必要はなく、不透明な材料、例えば安価な金属板などでもよく、どのようなものを配置してもよい。

【0084】しかも、構成が簡単であるので、GLVなどの回折格子構造やDMDなどの複雑な3次元構造よりも容易に作製することができる。また、GLVは1つのピクセルに8本の格子状のリボンが必要であるが、上記の光学多層構造体では1本で済むので、構成が簡単であり、かつ小さく作製することが可能である。また、間隙部をなくして基板上に第1の層、第2の層および第3の層をこの順で接する構造とすることにより、反射防止膜として利用することができる。

【0085】更に、上記の光学多層構造体は、間隙部を金属薄膜や反射層で挟んだ構造の狭帯域透過フィルタ、すなわちファブリーペロータイプのものとは本質的に異なるものであるため、低反射帯の帯域幅を広くすることができる。よって、製作時の膜厚管理のマージンを比較的に広くとることが可能であり、設計の自由度が増す。

【0086】特に、請求項5記載の光学多層構造体によれば、第3の層は光を透過しない程度の厚さを有するので、低反射時において入射光は第3の層に吸収され、透光などが発生する心配はなくなる。

【0087】また、特に、請求項6記載の光学多層構造体によれば、基板の屈折率を n_s 、第1の層の屈折率を n_1 、第2の層の複素屈折率を $N_2 = (n_2 - i \cdot k_2)$ 、 n_2 は屈折率、 k_2 は消衰係数、 i は虚数単位、第3の層の複素屈折率を $N_3 = (n_3 - i \cdot k_3)$ 、 n_3 は屈折率、 k_3 は消衰係数、 i は虚数単位)とすると、これらが特定の条件を満たすように構成したので、間隙部の大きさを変化させることにより、入射した光の反射、透過若しくは吸収の量を変化させることができ、簡単な構成で、特に例えば550nmなどの可視光領域においても、低反射時の反射率を殆ど0、高反射時の反射率を70%以上とすることができる。したがって、1000対1程度の高コントラストのディスプレイを実現可能である。さらに、第2の層および第3の層の複素屈折率 N_2 、 N_3 はある条件を満たす値であれば良いため、材料の選択の自由度が広がる。

【0088】特に、請求項7記載の光学多層構造体によれば、第2の層の光学的特性を第3の層の光学的特性に等しくして第2の層を省略しているので、構造や製造プロセスをより簡単に行うことができる。

【0089】加えて、特に、請求項9記載の光学多層構造体によれば、間隙部の光学的な大きさを $\lambda/4$ の奇数倍と $\lambda/4$ の偶数倍との間で2値的あるいは連続的に変化させるようにしたので、可動部分の移動範囲も高々「 $\lambda/2$ 」となり、10nsレベルの高速応答が可能になる。よって、ディスプレイ用途のライトバルブとして

用いる場合には、1次元アレイの簡単な構成で実現することができる。

【0090】また、請求項25ないし請求項27のいずれか1項に記載の画像表示装置によれば、本発明の光スイッチング素子を1次元または2次元に配列し、この1次元または2次元アレイ構造の光スイッチング装置を用いて画像表示を行うようにしたので、高コントラストの表示を行うことができると共に、素子に対して光が垂直に入射する位置で特性を出すことができるので、光学系を組み立てる場合に、偏光等を考慮する必要がなく、構成が簡単となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る光学多層構造体の間隙部が「 $\lambda/4$ 」のときの構成を表す断面図である。

【図2】図1に示した光学多層構造体の間隙部が「0」のときの構成を表す断面図である。

【図3】図1に示した光学多層構造体を、入射媒質である基板を点線で表し、第1の層を最上層、第3の層を最下層として、図1とは逆の順序で示した断面図である。

【図4】図2に示した光学多層構造体を、入射媒質である基板を点線で表し、第1の層を最上層、第3の層を最下層として、図2とは逆の順序で示した断面図である。

【図5】光学アドミッタンスダイアグラム上で、 n_1 の屈折率を持つ透明な第1の層が、ダイアグラム上の($n_s, 0$)の点(基板の光学アドミッタンス)を通る軌跡を表す図である。

【図6】図1の光学多層構造体の変形例を表す図である。

【図7】図1に示した光学多層構造体において基板を SiO_2 、第1の層を TiO_2 により形成した場合の第1の層の光学アドミッタンスダイアグラムと、の各種材料の光学アドミッタンスとを合わせて示す図である。 *

*【図8】表1に示した構成例について、第3の層のカーボン層の膜厚を100nm、300nmおよび十分に厚い場合に变化させた場合のそれぞれについて低反射時の反射特性を表す図である。

【図9】表1に示した構成例の反射特性を表す図である。

【図10】図9の例の低反射時の光学アドミッタンスを表す図である。

【図11】図9の例の高反射時の光学アドミッタンスを表す図である。

【図12】表2に示した構成例の反射特性を表す図である。

【図13】光学多層構造体の静電気による駆動方法を説明するための断面図である。

【図14】光学多層構造体の静電気による他の駆動方法を説明するための断面図である。

【図15】光学多層構造体の静電気による更に他の駆動方法を説明するための断面図である。

【図16】光学多層構造体の磁気による駆動方法を説明するための断面図である。

【図17】光スイッチング装置の一例の構成を表す図である。

【図18】ディスプレイの一例の構成を表す図である。

【図19】ディスプレイの他の例を表す図である。

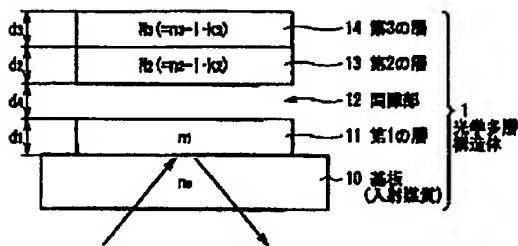
【図20】ペーパー状ディスプレイの構成図である。

【図21】ディスプレイのさらに他の例を表す図である。

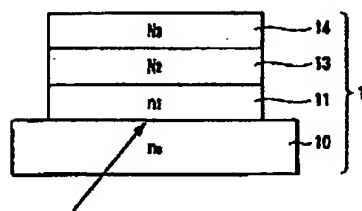
【符号の説明】

1…光学多層構造体、10、110…基板、11…第1の層、12、112…間隙部、13…第2の層、14…第2の層、100…光スイッチング装置

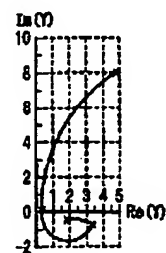
【図1】



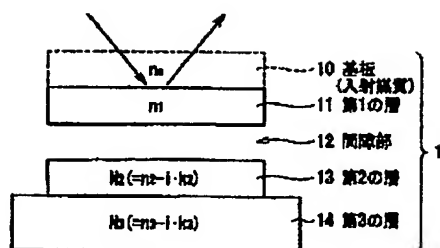
【図2】



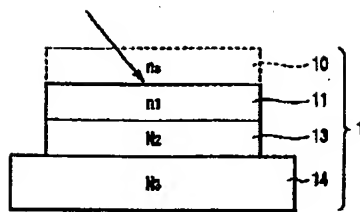
【図11】



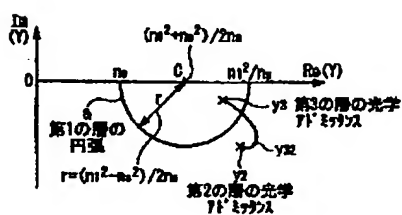
【図3】



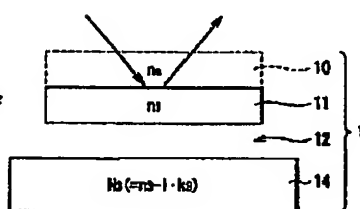
【図4】



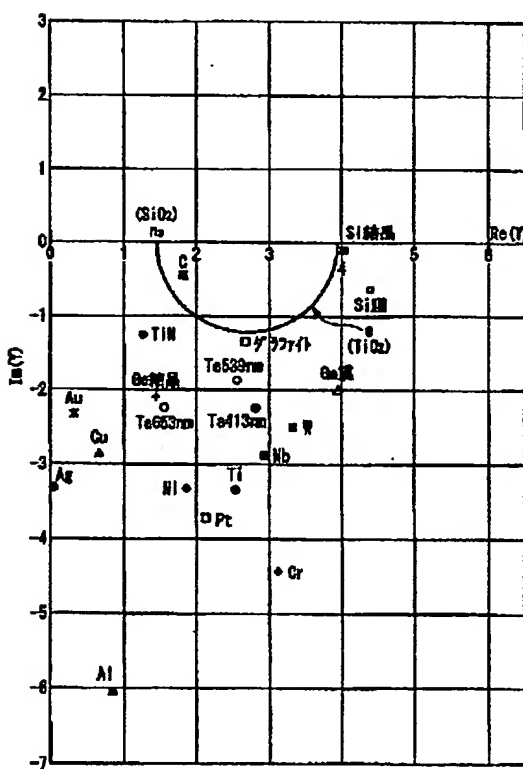
【図5】



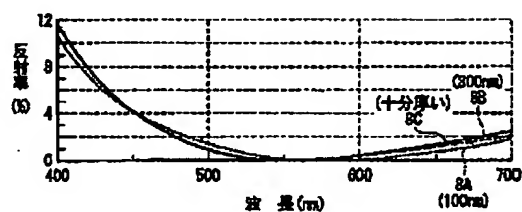
【図6】



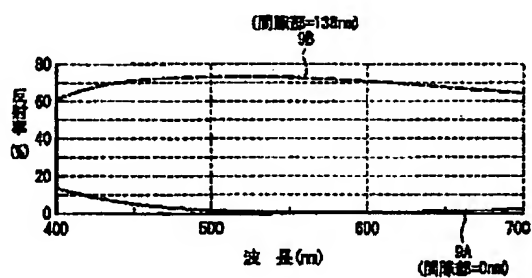
【図7】



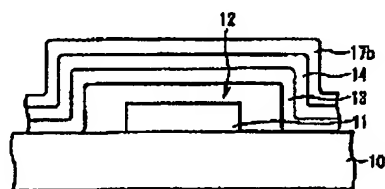
【図8】



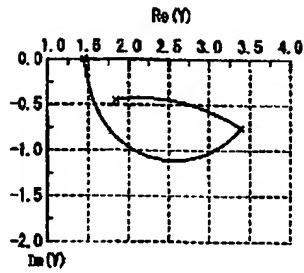
【図9】



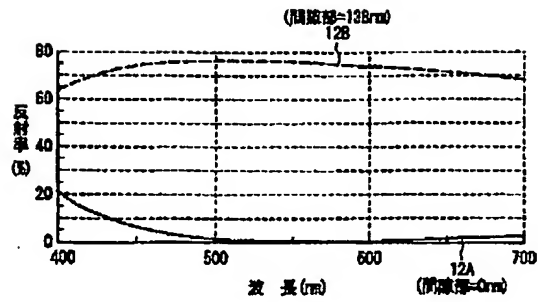
【図15】



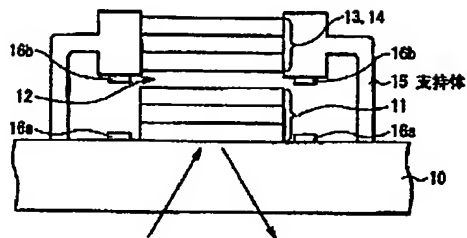
【図10】



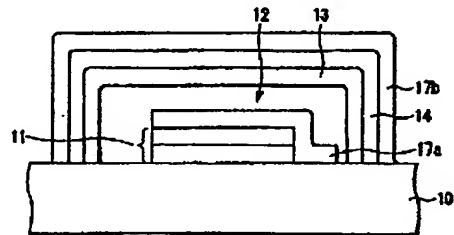
【図12】



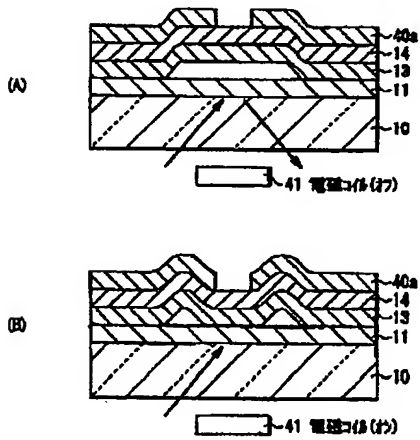
【図13】



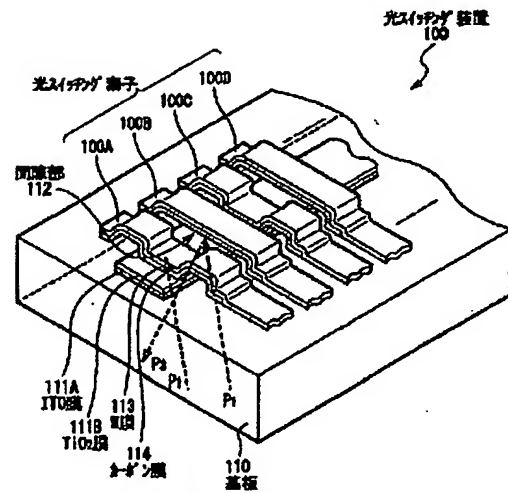
【図14】



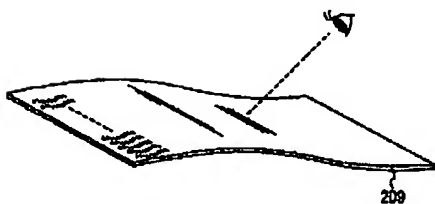
【図16】



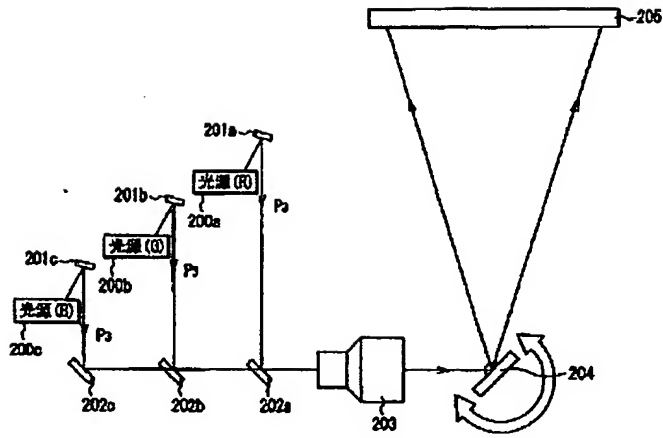
【図17】



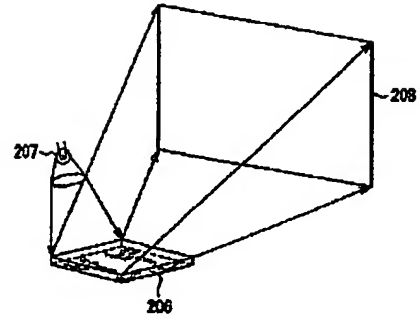
【図20】



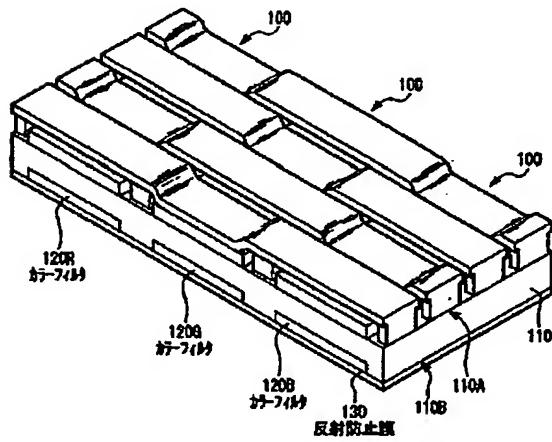
【図18】



【図19】



【図21】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.